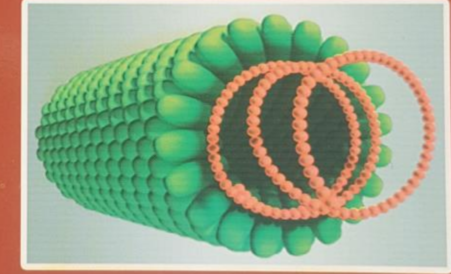
منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية الثانية – فرع السويداء



أمراض النبات غير الفطرية

(فيروسية وبكتيرية)



الدكتور وليد غازي نفّاع
أستاذ في قسم وقاية النبات

الدكتور محمود أبو غرة
أستاذ مساعد في قسم وقاية النبات





جامعة دمشق

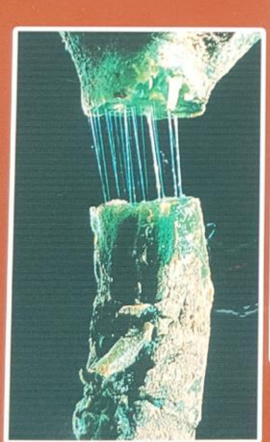
١٤٣٦ - ١٤٣٧هـ
٢٠١٤ - ٢٠١٥م

Damascus University Publications
Faculty of Agriculture – Sweida branch

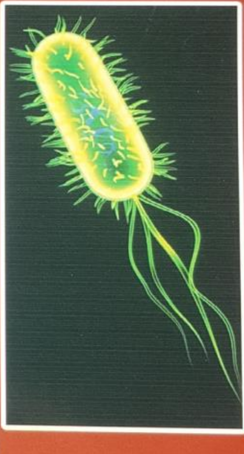


Non – Fungal Plant Diseases

(Viral and Bacterial Diseases)







Prof. Dr. Walid Naffaa   Dr. Mahmoud Abou-Ghorrah

مطبعة جامعة دمشق

سعر المبيع : (٣٨٠) ل.س

أمراض النبات غير الفطرية

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية الثانية
فرع السويداء



أمراض النبات غيرالفطرية

(الأمراض الفيروسية والبكتيرية)

الدكتـــور
وليـــد غازي نفّـاع
أستاذ في قسم وقاية النبات

الدكتـــور
محمود أبو غرة
أستاذ مساعد في قسم وقاية النبات

جامعة دمشق – فرع السويداء

1435 - 1436هـ
2014 - 2015 م

المحتـــويـــات

الباب الثاني: مدخل إلى علم البكتريا وأمراض النبات البكتيرية

المقدمـــــــــــــة

تحتـل الأمـراض البكتيريـة بشـكل عـام أهميـة اقتصـادية علـى معظـم المحاصـيل الزراعية، وعلى الرغم من أنها أقل أهمية من الأمراض الفطريـة، إلا أنهـا تحـدث خسـائر اقتصادية كبيرة، إذ تختلف شدة الأضرار الناتجة عن الأمراض البكتيريـة من منطقـة إلـى أخرى، ومن عـام إلـى آخر، تبعاً لنـوع المحصـول المزروع، والظـروف البيئيـة. وبشكل عـام تـزداد شـدة الأمـراض البكتيريـة فـي الجـو الرطـب والـدافئ، وتتنـاقص فـي الأجـواء الجافة.

كمـا أن للفيروسـات أهميـة اقتصـادية كبيـرة، وتـأتي أهميتهـا مـن الانتشـار الواسـع للفيروسـات فـي الطبيعـة، فهـي تصـيب جميـع الكائنـات الحيـة تقريبـاً، إذ تسـبب للإنسـان أمراضـاً كثيـرة وخطيـرة مثـل التهـاب السـحايا والحمـى الصـفراء وشـلل الأطفـال والإيـدز والسـارس وأنفلـونزا الطيـور، وتصـيب الحيوانـات مسببة لهـا العديـد مـن الأمـراض، كمـا تصيب الفيروسات الأحياء الدقيقة مثل البكتريا.

وتتواجد الفيروسات على النباتات في جميع أنحاء العالم في ظـروف مناخيـة متباينـة، وهذا ما يزيد من احتمال انتقالها إلى منـاطق جغرافيـة جديـدة، والانتشـار الوبـائي لسـلالات كانت تعتبر ضعيفة في مناطق النشوء الأصلية. وممـا يزيـد مـن خطـورة الفيروسـات كـون بعض السلالات لا تعطي أعراضاً ظاهرية واضحة على النباتات المصابة، إذ تبقـى كامنـة حتى توافر الظروف المناسبة حيث تظهر قدرتها الإمراضية.

وتجـدر الإشـارة هنـا إلـى أن مكافحـة الأمـراض الفيروسـية لا تعتمـد علـى طرائـق المكافحة التقليدية المستخدمة في مكافحة أمراض النبات الأخـرى الفطريـة والبكتيريـة، ولا يمكـن أن يقـوم بهـا الفـلاح نظـراً لتعقيـد البـرامج الخاصـة بمكافحتهـا، إذ إنهـا تتطلـب فتـرة زمنية طويلة، وخبرات عالية، وتكاليف باهظـة، وهـذا مـا دعـى العديـد مـن دول العـالم إلـى تبني حكوماتها برامج خاصة لتأمين المادة النباتية الخالية من الأمراض الفيروسية.

لقد جاء كتاب "أمراض النبات غير الفطرية" ليساهم في إعداد المهندس الزراعي إعداداً علمياً، وليدّعم مقدرته في مجال أمراض النبات البكتيرية والفيروسية، وذلك من خلال معرفته بماهية الفيروسات والبكتريا، وطرائق تكاثرها، وتصنيفها، وتعريف الطلاب والمهتمين بأعراض أهم الأمراض التي تسببها على النباتات، وطرائق تشخيصها، وإيجاد الطرائق المناسبة للوقاية منها ومكافحتها.

كما توخينا أيضاً تقديم المادة العلمية بطريقة بسيطة، وسهلة الفهم، ومدعّمة بالأشكال والرسومات التوضيحية والصور، وخاصة فيما يتعلق بأعراض الأمراض لتكون أقرب مايمكن لما هي عليه في الطبيعة، وبالتالي تسهل من عملية تشخيصها حقلياً.

نتمنا أن نكون قد وفّقنا في إعداد هذا الكتاب، آملين من الزملاء المختصين والعاملين في هذا المجال أن لا يبخلوا علينا بمقترحاتهم أو ملاحظاتهم العلمية التي يمكن أن ترفع من مستوى هذا العمل.

والله ولي التوفيق

السويداء / كانون الثاني 2015

المؤلفان

الباب الأول

مدخل إلى علم الفيروسات وأمراض النبات الفيروسية

Introduction to Virology and Viral Plant Diseases

الفصل الأول

مدخل إلى علم الفيروسات Introduction to virology

مقدمة Introduction

الفيروسات Viruses هي ممرضات معدية، صغيرة جداً بالحجم، بحيث لا ترى بالمجهر الضوئي. وتتكون الفيروسات البسيطة من قطعة صغيرة من حمض نووي محاط بغلاف بروتيني. وكما هي الحال في كل الكائنات الحية الأخرى، فإن الفيروسات تحمل معلومات وراثية على حمضها النووي، تشفر غالباً ثلاثة أو أكثر من البروتينات. وكل الفيروسات متطفلات إجبارية يرتبط تضاعفها بخلية المضيف، فهي غير نشطة خارج عوائلها، وهذا مادعى للاعتقاد سابقاً بأن الفيروسات ليست كائنات حية. بل تمثل الحد الفاصل ما بين الحياة والمادة الساكنة.

كل أنواع الكائنات الحية من حيوانات، ونباتات، وفطريات، وبكتيريا هي مضيفات للفيروسات. ولكن معظم الفيروسات تصيب نوعاً واحداً فقط من هذه المضيفات، فالفيروسات التي تصيب الحيوانات لا تصيب النباتات، والعكس صحيح. وتسبب الفيروسات العديد من أمراض النبات الهامة، وهي مسؤولة عن فقد كبير في الإنتاجية والنوعية في العديد من المحاصيل الزراعية في كل أنحاء العالم.

ويقدر حالياً عدد الفيروسات المعروفة بحوالي 4000 فيروس، منها تقريباً 1000 فيروس نباتي. وقد عرفت الفيروسات تاريخياً على أنها مسببات مرضية تهدد صحة الإنسان والحيوان والنبات. ولكن مع التطور الحالي، وإدراك طبيعة العلاقة بين الفيروسات ومضيفاتها، أصبح للفيروسات أهمية كبيرة في مجال الطب الأحيائي والتقانات الحيوية، فمثلاً، تستخدم حالياً الفيروسات النباتية لإنتاج كمية كبيرة من البروتينات المهمّة في النباتات، وتطوير لقاحات آمنة وغير مكلفة ضد فيروسات الحيوان والإنسان، أو حتى حقن النباتات ببعض السلالات الضعيفة لحمايتها من الإصابة بالسلالات الشرسة.

لمحة تاريخية History

إن معرفتنا بالفيروسات تطورت عبر الزمن مع تزايد المعطيات العلمية، والتطور المستمر في طرائق البحث العلمي وأدواته، وكذلك الارتباط الوثيق مع تطور العلوم الأخرى، فكل ذلك ساهم في تأسيس علم الفيروسات Virology.

إن التسجيل الأول لمرض، عرف فيما بعد بأنه متسبب عن فيروس نباتي، كان على التوليب في هولندا في القرن السابع عشر. وقد سجل Lawrence انتقال مرض يصيب الياسمين عن طريق التطعيم، وكان بذلك أول اختبار عملي لنقل العدوى الطبيعية بمرض فيروسي.

وقد استطاع Adolf Mayer (1886) إثبات الطبيعة المعدية لمرض موزاييك التبغ، وقدرته الفائقة على الانتقال من النباتات المصابة إلى النباتات السليمة عن طريق عصارة النبات المصاب.

ولكن نقطة التحول الرئيسية في تلك المرحلة كانت النتائج التي حصل عليها Dimitri Iwanowski (1892)، حيث استطاع إحداث العدوى على نباتات تبغ سليمة باستخدام الرشاحة الناتجة من تمرير عصارة نبات التبغ المصاب بالموزاييك خلال مرشحة شامبرلان، التي تمنع مرور الخلايا البكتيرية، وخلص بذلك إلى أن مسبب مرض موزاييك التبغ يمر عبر المرشحات.

واستنتج Martinus Beijerinck (1898) أن العامل المسبب ليس كائناً حياً دقيقاً، بل هو سائل حيوي معدٍ Contagious living fluid، وكان أول من استخدم مصطلح فيروس Virus، وهي كلمة لاتينية تعني سم Toxin .

وفي عام 1898، وصف Loefter و Frosh أول مسبب مرضي معدٍ على الحيوانات يمر عبر المرشحات، وهو فيروس مرض الفم والقدم أو الحمى القلاعية Foot and mouth disease virus .

ثم وصف Water (1900) أول فيروس يصيب الإنسان، وهو فيروس الحمى الصفراء .Yellow fever virus

وتعود أولى محاولات تشخيص الأمراض الفيروسية باستخدام النباتات الدالة للباحث Holmes (1929) ، الذي أشار إلى أن الأعراض الموضعية التي تظهر على بعض النباتات نتيجة العدوى الاصطناعية، يمكن أن تستخدم كطريقة سريعة لتحديد الإصابات الفيروسية، وتقدير كمية الفيروسات الموجودة في عينة نباتية مصابة.

وقد استطاع Stanley (1935) عزل وتنقية بعض البللورات البيضاء الدقيقة من عصير أوراق نباتات تبغ مصابة بالموزاييك، وعندما تم حقن نباتات سليمة بتلك البللورات، ظهرت عليها أعراض المرض. فاستنتج بذلك أن هذه البللورات ما هي إلا جسيمات الفيروس النقية، وبالتالي فإن الفيروس عبارة عن بروتين يستطيع التضاعف في الخلايا الحية، وتم فيما بعد إثبات أن هذه الفرضية غير صحيحة. وقد حصل على جائزة نوبل للكيمياء عام 1946 على هذا العمل.

وفي عام 1937 أثبت Bawden و Pirie أن الفيروس يتألف من بروتين وحمض نووي RNA . كما شاهد Kausche عام 1939 لأول مرة الجسيمات الفيروسية بالمجهر الإلكتروني. وبعد ذلك تتالت الأبحاث المتعلقة بالفيروسات، حتى اكتشف Diener (1971) أن جزيئات الحمض النووي للفيروس المسبب لمرض الدرنة المغزلية في البطاطا Potato spindle tuber disease ليس لها غلاف بروتيني، فأطلق عليها اسم الفيرويدات Viroides.

وفي عام 1982 تم تحديد التتابع النكليوتيدي للحمض النووي RNA بالكامل لفيروس موزاييك التبغ. وفي عام 1986 تم استخدام النباتات المحورة وراثياً للحصول على نباتات مقاومة لفيروس TMV .

ومـع تطـور طرائـق البيولوجيـا الجزيئيـة والتقانـات الحيويـة واسـتخدامها فـي مجـال الفيروسات، تمت الإجابة على العديد من التساؤلات المطروحة حول الفيروسات، ولكن مازال هناك الكثير من الأمور الغامضة التي تحتاج إلى المزيد من الدراسات والأبحاث.

مورفولوجيا الفيروسات Morphology of viruses

ساهم المجهر الإلكتروني، وأشعة إكس، وتقانات البيولوجيا الجزيئية، والتقانات الحيوية في معرفة البناء المعماري أو الهندسي للفيروسات بشكل دقيق.

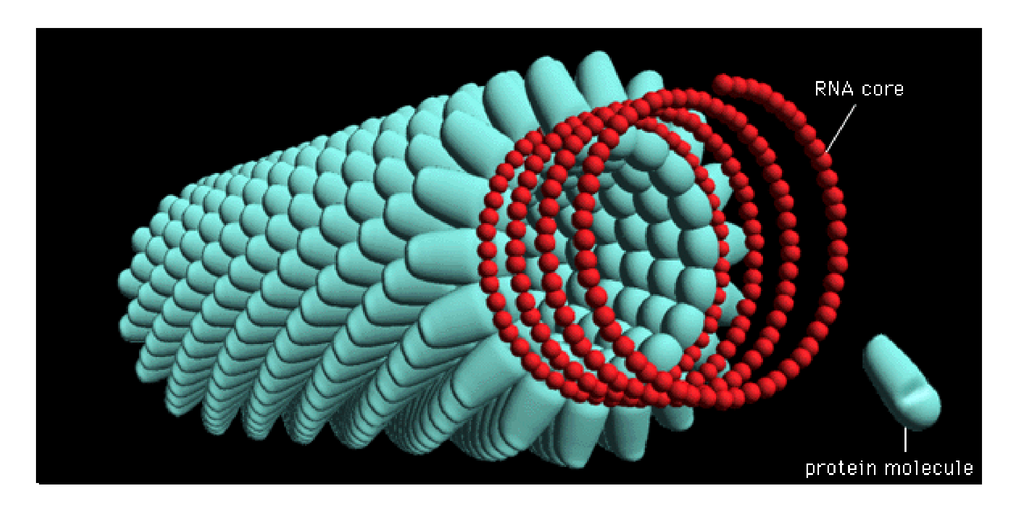
تتـألف الجسـيمات الفيروسـية (الفيريونـات Virions) مـن جـزأين أساسـيين: الجينـوم الفيروسـي، الـذي يتكـون مـن حمـض نـووي RNA أو DNA ، ومـن غـلاف بروتينـي. بالإضـافة إلـى ذلـك، بعـض الجسـيمات الفيروسـية تكـون محاطـة بغـلاف خـارجي مـن البروتينات الدهنية lipoprotein .

يتـألف الغـلاف البروتينـي للفيروسـات النباتيـة (الكابسـيد Capsid) مـن وحـدات بروتينيـة بنائيـة (كابسـوميرات Capsomers)، تنـتظم فـي تناسـق ونظـام معـين لتعطـي الشـكل الخـارجي المميـز للفيريـون. وتنـتظم الوحـدات البروتينيـة فـي الكابسـيد وفـق واحـد مـن النمطين التاليين:

الفيريونـات ذات التنـاظر الحلزونـي Helical: حيـث تنـتظم الوحـدات البروتينيـة بشـريط طـولي يلتـف علـى شـكل حلـزون حـول محـور الكابسيد. كمـا يأخـذ الحمـض النـووي أيضـاً الشـكل الحلزونـي داخـل الغـلاف البروتينـي (الشـكل 1-1). ويمثـل هـذا الـنمط الفيروسـات المتطاولـة بشـكليها العصـوية الصـلبة، و الخيطيـة المرنـة، وتمثـل الفيروسـات المتطاولـة تقريباً نصف الفيروسات النباتية المعروفة.

الشكل العصوي الصلب Rigid rods : الجسيمات الفيروسية عصوية الشكل مستقيمة، يـراوح طولهـا بين 15 – 25 نـانومتراً، وطولهـا 100 – 300 نـانومتراً. وتـأخذ جسـيمات

بعض الفيروسات العصوية أطوالاً مختلفة (اثنان أو أكثر). ومن أمثلة الفيروسات العصوية الصلبة فيروس موزاييك التبغ Tobacco mosaic virus (300 X 15 نانومتر).

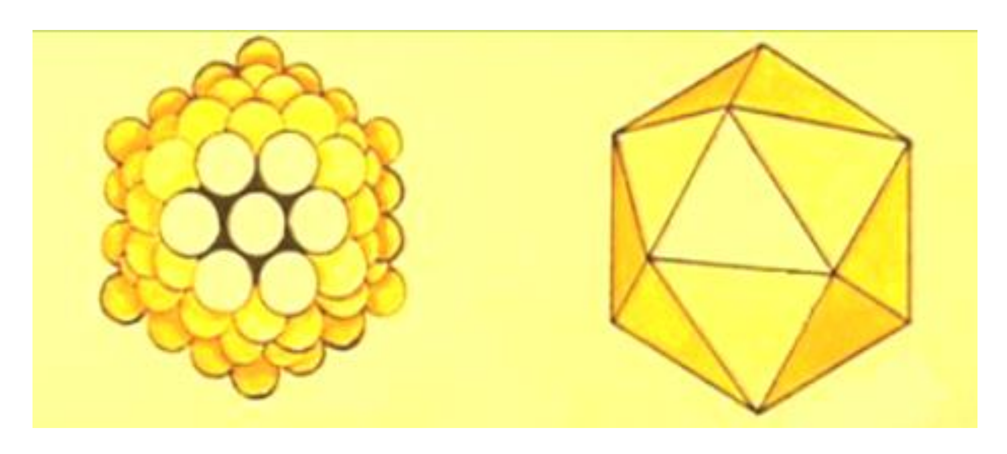


الشكل 1-1: التناظر الحلزوني Helical : تنتظم الوحدات البروتينية البنيوية Capsomers في شريط حلزوني مشكلة الغلاف البروتيني (الكابسيد)، كما يلاحظ أن الحمض النووي يأخذ الشكل الحلزوني أيضاً.

الشكل الخيطي المرن Flexuous threads: تبدو الجسيمات الفيروسية خيطية الشكل، عرضها تقريباً 12 نانومتراً، ويمكن أن يصل طولها حتى 2000 نانومتراً. كما أن جسيمات بعض الفيروسات الخيطية يمكن أن تأخذ طولين مختلفين أو أكثر. ومن أمثلة الفيروسات الخيطية المرنة، فيروس X البطاطا Potato virus X (480 X 13 – 10 نانومتراً)، وفيروس تريستيزا الحمضيات Citrus tristeza virus (2000 X 14 – 10 نانومتراً).

أما النمط الثاني فهي الفيريونات ذات التناظر المكعبي أو الكروي Icosahedral: يوجد هذا النمط أيضاً في نصف الفيروسات النباتية المعروفة تقريباً. وقد تكون الجسيمات

الفيروسية الكروية متساوية الأبعاد Isometric أو متعددة الوجوه Polyhedral (الشكل 2-1). علماً أن معظم الفيروسات الكروية المتناظرة هي في الحقيقة متعددة الوجوه، تراوح أقطارها بين 17 نانومتراً كما في الفيروس Tobacco necrosis satellite virus حتى 60 نانومتراً في الفيروس Wound tumor virus. ويعد فيروس ذبول وتبقع البندورة Tomato spotted wilt virus من الفيروسات الكروية المغلفة (70 – 80 نانومتراً). ويدخل ضمن هذه المجموعة الفيروسات التوأمية Geminate، إذ إن الجسيمات الفيروسية تتألف من جزأين كرويين متساويي الأبعاد (18 X 30 نانومتراً) متحدين بشكل غير كامل، وتميز الجسيمات التوأمية فيروسات الفصيلة Geminiviridae، ومثالها فيروس تخطط الذرة Maize streak virus . ويشكل الحمض النووي شبه كرة داخل الغلاف البروتيني للفيروسات الكروية.

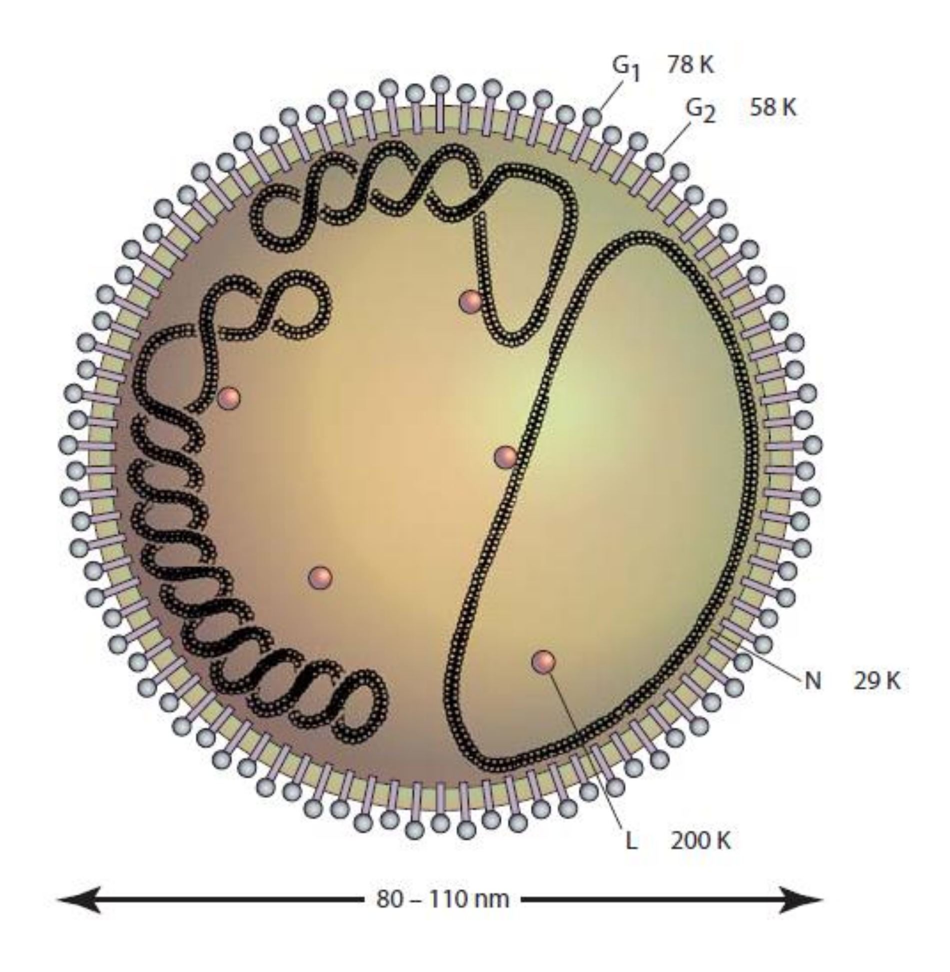


الشكل 1-2: التناظر المكعبي أو الكروي Icosahedral : (A) فيروس كروي متعدد الوجوه. (B) عشروني الوجوه.

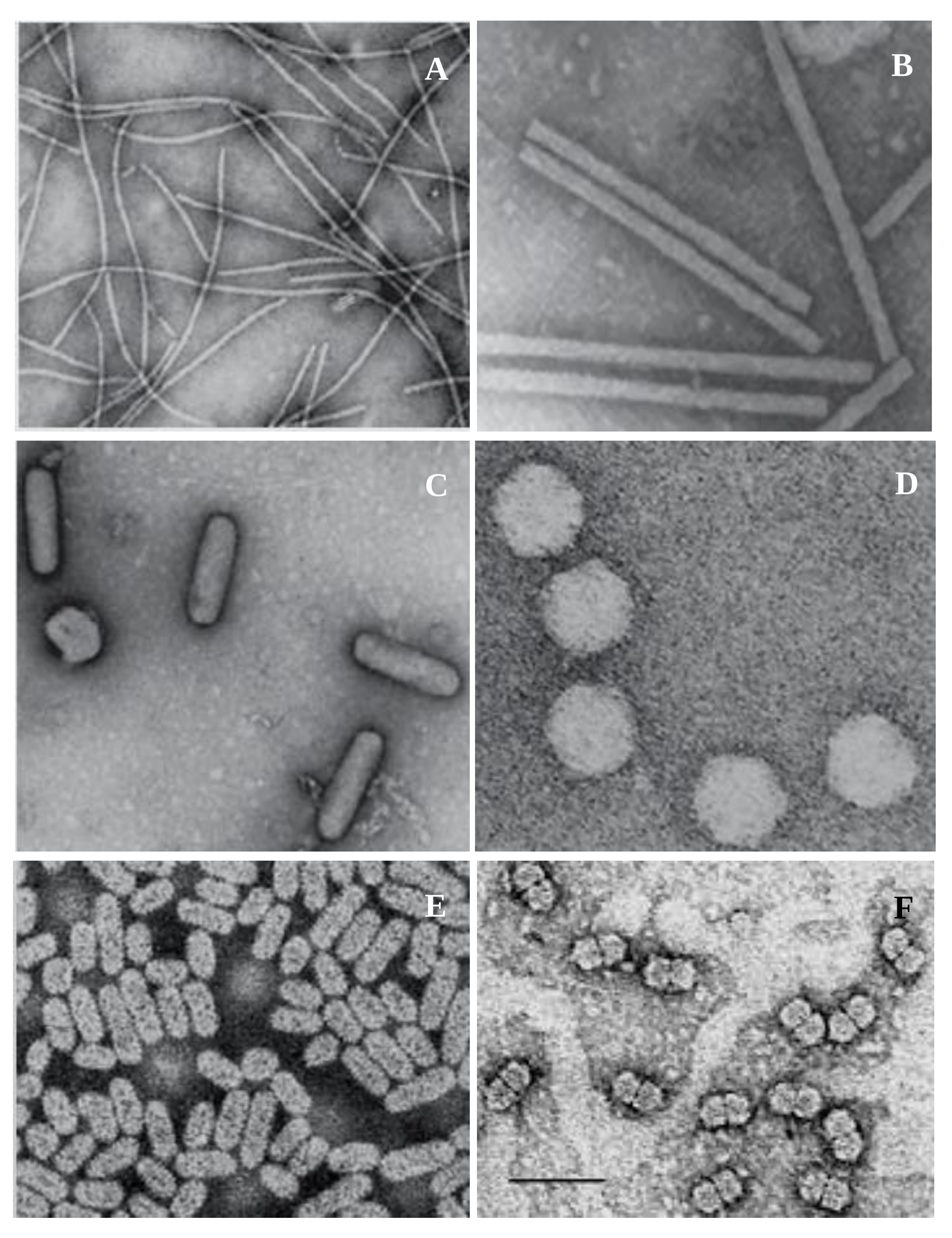
القليل من الفيروسات تأخذ اشكالاً عصوية تشبه الجراثيم Bacillus-like، ومثالها فيروسات فصيلة Rhabdoviridae حيث تكون الجسيمات الفيروسية عصوية أسطوانية

وقصيرة تشبه عصيات البكتيريا من الجنس *Bacillus*، حيث يكون طولها أكبر بـ 3 إلى 5 مرات من عرضها (75 – 52 X 300 – 380 نانومتراً).

في فيروسات فصيلة Rhabdoviridae، والقليل من الفيروسات الكروية يحيط بالكابسيد النووي Nucleocapsid غشاء أو غلاف خارجي من البروتينات الدهنية (الشكل 1 - 3).



الشكل 1-3: تركيب الجسيمات الفيروسية المغلفة لفيروس ذبول وتبقع البندورة TSWN . إذ يلاحظ أن الحمض النووي الفيروسي يرتبط بالوحدات البروتينية (K 29) المكونة للغلاف. ويحتوي الغلاف الدهني الخارجي على نوعين من الغليكوبروتينات (G1, G2).



الشكل 1-4: الأشكال المختلفة للفيروسات. (A) الشكل الخيطي المرن . (B) الشكل العصوي الصلب. (C) الشكل الشبيه بالبكتيريا *Bacillus* . (D) الشكل الكروي. (E) جسيمات مختلفة الأشكال والأحجام لفيروس موزاييك الفصة . (F) جسيمات فيروسية توأمية.

البنية الكيميائية للفيروسات Chemical structure of viruses

يتألف كل فيروس نباتي من حمض نووي وبروتين على الأقل. كما تحتوي بعض الفيروسات على إنزيمات أو على غلاف دهني.

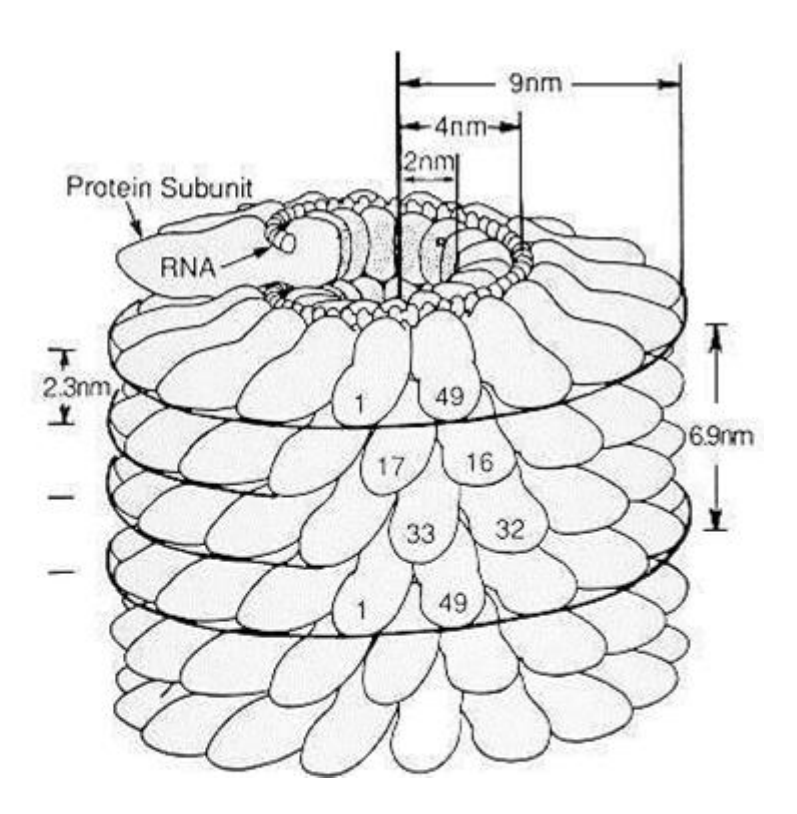
1- البروتين الفيروسي Viral protein

تشكل البروتينات في الفيروسات النباتية 60 – 95 % من الفيريون. ويتألف البروتين الفيروسي، كما هي الحال في كل الكائنات الحية الأخرى، من أحماض أمينية. ومن المعروف أن تتابع هذه الأحماض الأمينية يحدد طبيعة وخصائص البروتين.

وكما ذكرنا سابقاً، تتكون الأغلفة البروتينية للفيروسات النباتية من تتابع وحدات بروتينية بنيوية، وإن المحتوى من الأحماض الأمينية وتتابعها تكون ثابتة في تحت الوحدات البروتينية المتماثلة من أجل فيروس معين، ولكنها تختلف من فيروس إلى آخر، أو حتى بين السلالات المختلفة لنفس الفيروس. وبالتأكيد، فإن المحتوى من الأحماض الأمينية وتتابعها يختلف أيضاً باختلاف البروتينات في نفس الجسيمات الفيروسية.

إن محتوى البروتين الفيروسي من الأحماض الأمينية وتتابعها أصبح الآن معروفاً بالنسبة للعديد من الفيروسات. فعلى سبيل المثال، تتألف تحت الوحدات البروتينية لفيروس موزاييك التبغ من 158 حمضاً أمينياً بتتابع ثابت، ووزن جزيئي 17.600 دالتون (17.6 كيلو دالتون).

تنتظم الوحدات البروتينية في الفيروسات المتطاولة بشكل شريط حلزوني. فمثلاً في فيروس موزاييك التبغ TMV، تحتوي اللفة الواحدة على 161/3 وحدة بروتينية (أي 49 وحدة في ثلاث لفات)، ويحتوي فيريون الفيروس TMV على 130 لفة حلزونية تقريباً من الوحدات البروتينية (الشكل 1-5). بينما في الفيروسات النباتية متعددة الوجوه، فإن الوحدات البروتينية تتوضع بترتيب معين مشكلة عشرين وجهاً للغلاف البروتيني.



الشكل 1-5: توضع الوحدات البروتينية البنيوية Capsomers بشكل حلزوني في الغلاف البروتيني لفيروس موزاييك التبغ TMV .

بالإضافة إلى أن الغلاف البروتيني يعطي الفيريون شكله المعماري الهندسي المميز، فهو يقوم أيضاً بحماية الحمض النووي من المؤثرات الخارجية ومن الإنزيمات المحللة Nucleases ، كما يسهم بدور في تحديد قابلية الانتقال للفيروس، وطبيعة الأعراض التي يسببها.

2 – الحمض النووي الفيروسي Viral nucleic acid

يشكل الحمض النووي في الفيروسات النباتية 5 – 40 % من الفيريون، إذ إن الفيروسات المتطاولة تحتوي على نسبة منخفضة من الحمض النووي (5 - 6 %)، بينما تصل إلى 20-40 % في الفيروسات الكروية.

تحتوي معظم الفيروسات على الحمض النووي RNA، ولكن هناك العديد من الفيروسات التي تحتوي على الحمض النووي DNA . لقد تم حتى الآن تعريف حوالي 1000 فيروس نباتي، معظمها (تقريباً 800) تحتوي RNA وحيد السلسلة (ssRNA)، وحوالي 50 فيروساً تحتوي RNA ثنائي السلسلة (dsRNA)، و40 فيروساً تحتوي DNA ثنائي السلسلة (dsDNA)، أما الفيروسات التي تحتوي على DNA وحيد السلسلة (ssDNA) فيبلغ عددها تقريباً 110 فيروسات.

خصائص الجينوم الفيروسي Viral genome properties

1 – شكل الجينوم: يمكن أن يكون الحمض النووي الفيروسي خيطياً أو حلقياً، كما هي الحال في كل الفيروسات النباتية المعروفة ذات الحمض النووي DNA.

2- عدد أجزاء الجينوم: يختلف عدد أجزاء الحمض النووي الفيروسي باختلاف الفيروسات، فقد يكون عبارة عن جزء أو قطعة واحدة، كما هي الحال في فيروسات الجنسين *Potyvirus* و *Tobamovirus*، وقد يصل إلى 11 جزءاً كما في بعض فيروسات الجنس *Nanovirus*. ويختلف حجم هذه الأجزاء بشكل كبير، إذ يتراوح من 1Kb (*Nanovirus*) إلى حوالي 20 Kb (في الجنس *Closterovirus*).

3 – عدد الجينات: يختلف عدد الجينات أو المورثات في الجينوم الفيروسي بشكل كبير، فبعض الفيروسات النباتية تملك ثلاث مورثات على الأقل: مورثة (أو أكثر) مسؤولة عن تضاعف الحمض النووي، ومورثة (أو أكثر) مسؤولة عن حركة الفيروس وانتقاله من خلية إلى أخرى، ومورثة (أو أكثر) تشفر بروتيناً بنيوياً يدخل في تركيب الغلاف البروتيني أو الكابسيد.

الفصل الثاني

الوظائف الحيوية للفيروسات

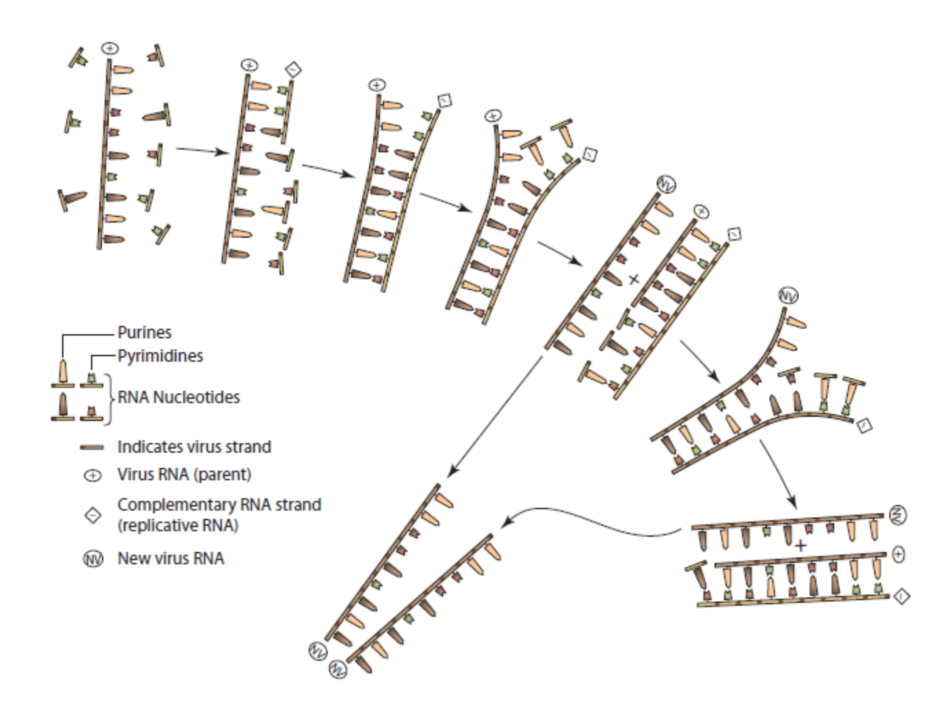
حدوث العدوى وتضاعف الفيروسات Infection and virus replication

1- دخول الفيروس إلى الخلية النباتية: الفيروسات النباتية غير قادرة على اختراق الجدار الخلوي بشكل مباشر، ولهذا فإن الفيروسات تدخل إلى الخلية عن طريق الجروح المحدثة ميكانيكياً، أو بواسطة النواقل الحيوية المختلفة، كما يدخل الفيروس إلى مبايض الأزهار عن طريق حبوب الطلع المصابة.

وبعد دخول الفيريون إلى الخلية، تبدأ عملية نزع الغلاف أو التعرية ليتحرر الحمض النووي الفيروسي الذي يستقر بالنواة أو السيتوبلاسما، حيث يتم تحلل بروتينات الغطاء وهضمها بواسطة الإنزيمات المحمولة مع الفيروس، أو الموجودة ضمن الخلية النباتية، ويصبح بذلك جاهزاً لعملية التضاعف.

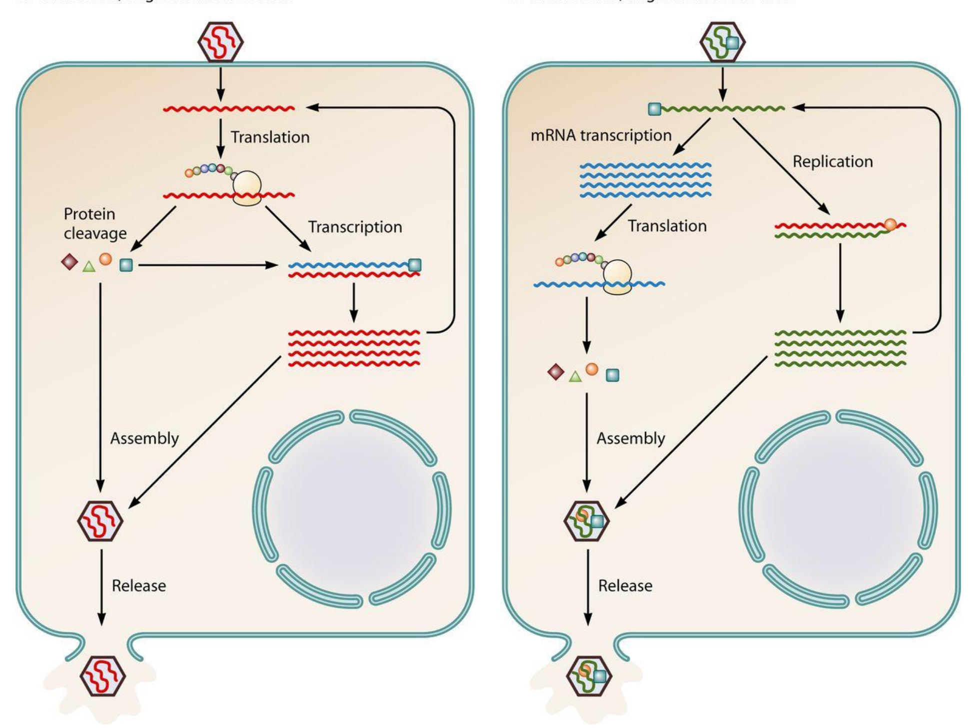
2 – تضاعف الفيروس: تختلف طريقة التضاعف تبعاً لنوع الحمض النووي (RNA أو DNA)، وكونه مؤلفاً من جزء واحد أو أكثر، وموجب أو سالب القطبية.

في حالة الرنا الموجب القطبية +RNA، يتحرر أولاً الحمض النووي من الغطاء البروتيني، ثم يحرض الخلية على تشكيل إنزيم تضخم الرنا الفيروسي Viral RNA polymerase. يستخدم هذا الإنزيم الرنا الفيروسي كقالب أو أساس، ويشكل له سلسلة متممة. فالرنا الجديد الناتج ليس الرنا الفيروسي ولكنه مرآة له (نسخة متممة)، وسلسلة الـ RNA المتشكلة تكون مرتبطة مؤقتاً مع سلسلة الرنا الفيروسي، ثم ينفصل الـ RNA ثنائي السلسلة ليعطي الرنا الفيروسي الأصلي والسلسلة المتممة (-) التي تعود للعمل كقالب لاستنساخ المزيد من الـ RNA الفيروسي (+ السلسلة) (الشكل 1-6).



الشكل 1-6: مخطط يوضح تضاعف الحمض النووي الفيروسي +RNA (عن Agrios, 2004)

إن تضاعف بعض الفيروسات يختلف بشكل كبير عن المخطط سابق الذكر. فعندما يحتوي الفيروس على قطع مختلفة من الـ RNA التي توجد في اثنين أو أكثر من الجسيمات الفيروسية، فكل هذه الجزيئات يجب أن توجد في نفس الخلية من أجل تضاعف الفيروس وحدوث الإصابة. في حالة الـ RNA وحيد السلسلة عند الفيروسات Rhabdoviruses ، الـ RNA ليس معدياً لأنه سالب السلسلة (-RNA). هذا الرنا يجب أن يستنسخ بواسطة إنزيم محمول بالفيروس يسمى Transcriptase إلى +RNA موجب السلسلة في المضيف، ثم الـ +RNA يتضاعف وفق الطريقة المذكورة سابقاً (الشكل 1-7). أما في حالة الفيروسات الكروية متساوية الأبعاد Isometric viruses ذات الحمض النووي RNA ثنائي السلسلة، حيث يكون الرنا مجزءاً ضمن نفس الفيروس، ويكون غير معدٍ، ويعتمد في تضاعفه في المضيف على إنزيم Transcriptase المحمول أيضاً مع الفيروس.



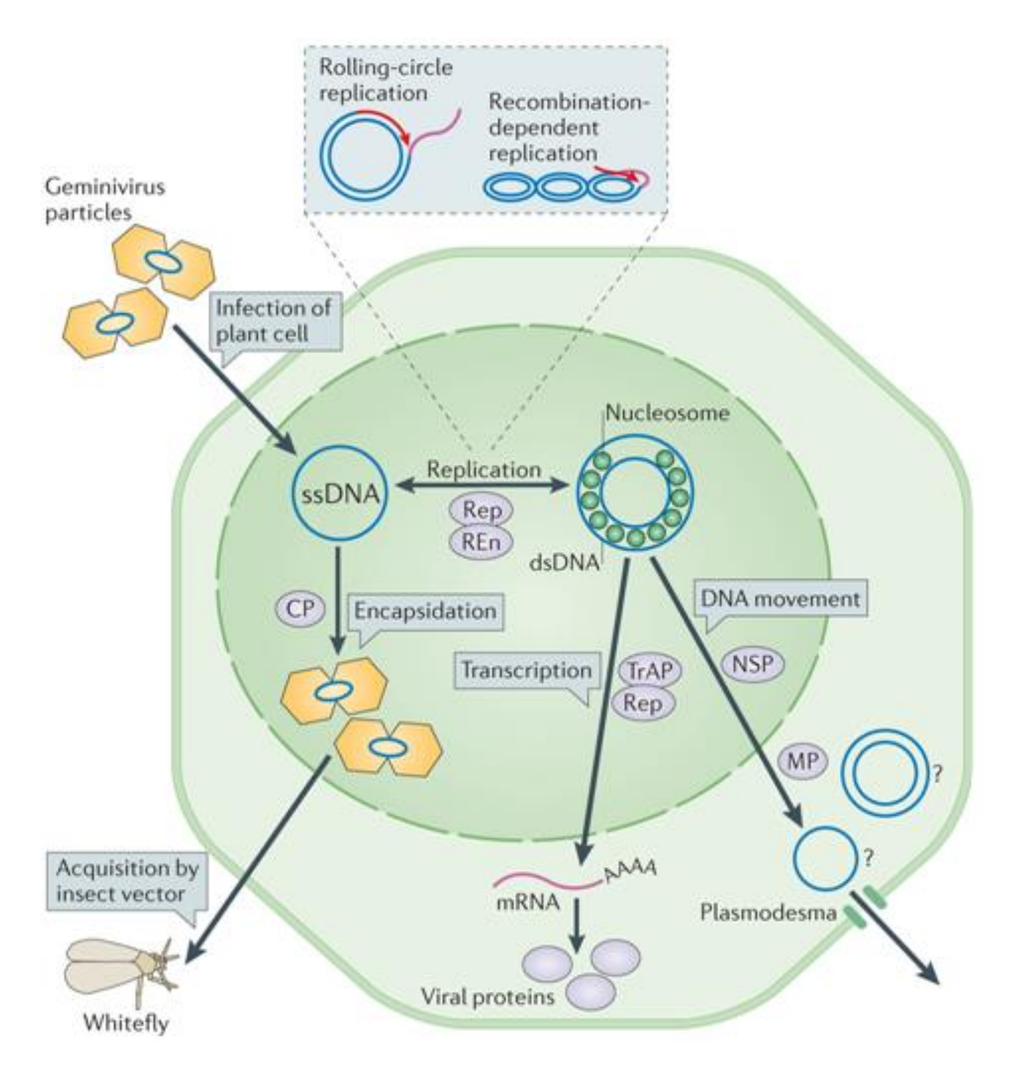
الشكل 1-7: تضاعف الفيروسات ذات الحمض النووي RNA . (A) تضاعف الفيروسات $ssRNA^{+}$. (B) تضاعف الفيروسات $ssRNA^{-}$. (Assembly : تجميع، Release : تحرير أو إطلاق، Transcription : نسخ، Translation : ترجمة، Replication : تضاعف)

عند إصابة النبات بفيروس ذات DNA ثنائي السلسلة (dsDNA) ، يدخل الـ dsDNA الفيروسي إلى نواة الخلية، حيث يبدو أنه يصبح ملتفاً ومجدولاً ويشكل صبغياً صغيراً. يتم استنساخ هذا الأخير إلى جزيئتي RNA مفردتي السلسلة (ssRNA): تحمل الجزيئة الأصغر إلى السيتوبلاسما، حيث تترجم إلى بروتين فيروسي، وتنقل أيضاً الجزيئة الأكبر إلى السيتوبلاسما، حيث تصبح محاطة بغلاف بروتيني، وتستخدم كقالب للنسخ العكسي للوصول إلى dsDNA الفيريون الكامل.

تحدث العدوى بفيروسات الجنس *Geminivirus*، التي تحتوي على الحمض النووي DNA وحيد السلسلة ssDNA، بعد أن يتحرر الحمض النووي من الفيريون في الخلية النباتية، ويدخل إلى النواة، حيث يتم استنساخه إلى DNA ثنائي السلسلة dsDNA . ثم يستنسخ الحمض النووي DNA ثنائي السلسلة، الذي يرتبط بالنيكليوزومات، بواسطة إنزيم الخلية النباتية RNA polymerase II، مما يؤدي إلى إنتاج بروتين تضاعف (Rep). ثم تبدأ عملية التضاعف الحلقي Rolling-circle replication، إذ يقوم البروتين Rep بقطع السلسلة الفيروسية في dsDNA ليشكل نهاية حرة 3́-hydroxyl، تعد نقطة البداية لإنتاج العديد من نسخ ssDNA، وإزاحة السلسلة الأساسية. ويتم تحويل ssDNA المتحرر إلى dsDNA ليدخل من جديد في دورة التضاعف. ينتقل التضاعف الفيروسي إلى تضاعف مؤشب Recombination-dependent replication ، يبدأ بتجميع مثمائل بين ssDNA المضاعف جزئياً وdsDNA حلقي ومغلق ليشكل جزيئة حلقية، تستخدم كقالب لاصطناع ssDNA و dsDNA (الشكل 1-8).

وفي مرحلة متأخرة من العدوى، يتوقف إنتاج البروتين Rep بتثبيط ذاتي، مما يؤدي إلى تفعيل إنتاج بروتين محفّز للاستنساخ TrAP، يحفز بدوره اصطناع بروتين الغلاف CP، والبروتين NSP (Nuclear shuttle protein). وعندها يمكن لجزيئات الحمض النووي ssDNA الحلقية أن تغلف بالبروتين CP لتشكل الفيريونات، التي تصبح جاهزة للانتقال بالذبابة البيضاء (وهي الناقل النوعي للفيروسات التوأمية *Geminivirus*).

يرتبط البروتين NSP بالـ DNA الفيروسي لينقله عبر الغلاف النووي إلى السيتوبلاسم، حيث يقوم البروتين MP بنقله عبر القنوات السيتوبلاسمية. ومن غير المعروف إذا كان الدنا الفيروسي ينتقل بصورة ssDNA أو dsDNA أو بشكل خيطي.

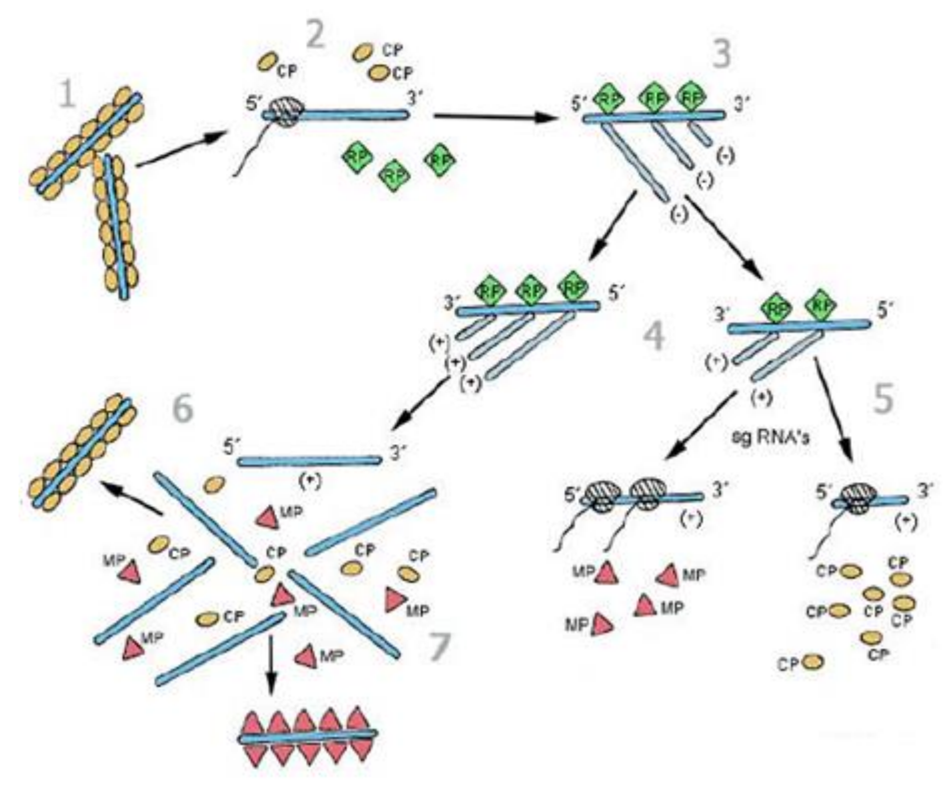


الشكل 1-8: آلية تضاعف الفيروسات ذات الحمض النووي ssDNA من الجنس *Geminivirus* .

تتم في البداية ترجمة المعلومات الوراثية المحمولة على المورثات التي تشفر بروتينات تنظيمية وإنزيمات مطلوبة لتضاعف الجينوم الفيروسي، وهذا مايدعى بالترجمة المبكرة Early translation . وبعد تضاعف الجينوم الفيروسي كما ذكرنا سابقاً، تحدث عملية ترجمة لمورثات الجينوم الأخرى التي تشفر وحدات بروتينية بنيوية تدخل في تركيب الغلاف البروتيني، وبروتينات ضرورية لانتقال الفيروس من خلية إلى أخرى، وهذا ما

يدعى بالترجمة المتأخرة Late translation . تجتمع الوحدات البروتينية ببناء هندسي محدد كما أسلفنا لتشكل الغلاف البروتيني حول الحمض النووي، وبذلك يكون قد تشكل عدد كبير من الفيريونات الجديدة.

الشكل 1-9: مخطط يوضح تضاعف الحمض النووي الفيروسي، وترجمة المورثات المحمولة عليه إلى

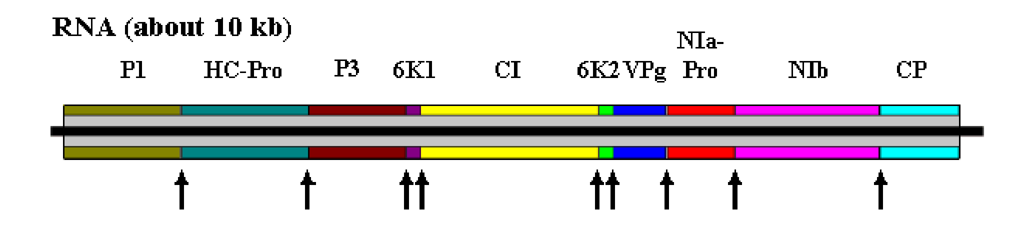


بروتينات ضرورية للتضاعف في البداية (RP)، ثم في مرحلة متأخرة ترجمة مورثات الجينوم الأخرى إلى وحدات بروتينية بنيوية تشكل الغلاف البروتيني (CP)، وبروتينات ضرورية لانتقال الفيروس من خلية إلى أخرى (MP).

ترجمة الحمض النووي الفيروسي: هناك العديد من الاستراتيجيات المعروفة عند الفيروسات لترجمة المورثات في الجينوم الفيروسي إما مباشرة أو عن طريق الرنا الرسول (mRNA) كوسيط. وهذه الاستراتيجيات معروفة بالنسبة لكل جنس من أجناس

الفيروسـات المدروسـة، وسـوف نكتفـي بـذكر بعـض الأمثلـة التـي توضـح بعـض هـذه الاختلافات:

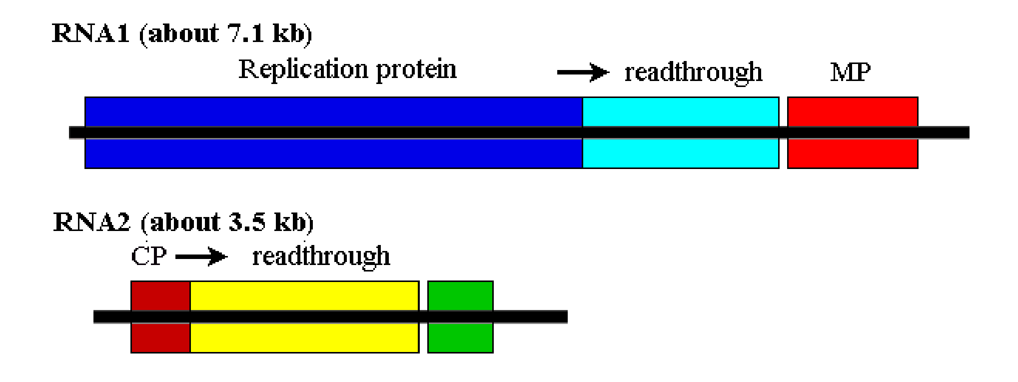
الجنس *Potyvirus*: عند هذا الجنس الكبير جداً جزيء واحد من ssRNA، يشفر جزيئـة واحدة كبيرة عديدة البروتينـات Polyproteins (350 KDa)، يـتم تقطيعهـا عن طريق 3 إنزيمـات مختلفة Protease (تشـفر جميعهـا بواسـطة جينـوم الفيـروس نفسـه) إلـى 10 بروتينات مختلفة. البروتينان الموجودان في النهاية C من متعدد البروتينات هما بالترتيب RNA-dependent RNA polymerase (Nlb : الـذي يسـاهم فـي تضـاعف الفيـروس)، وبـروتين الغـلاف (CP). أمـا البروتينـات الأخـرى، فلهـا وظـائف متعـددة. ويظهـر الشـكل (1-10) تنظـيم الجينـوم عنـد الفيروسـات النموذجيـة فـي هـذا الجـنس، والبروتينات العشرة، ومواقع القطع التسعة.



الشكل 10-1: مخطط يبين تنظيم الجينـوم عند فيروسات الجنس *Potyvirus*، والبروتينـات المختلفة، ومواقع القطع (الأسهم).

الجنس *Furovirus* : عند هذا الجنس جزيئتـي ssRNA . المورثـة في النهايـة ´5 علـى كل من الجزيئتين تترجم مباشرة من الـ RNA الجينومي. فـي RNA1 (الجـزيء الأكبـر) تشفر هذه المورثة بروتين تضاعف (RP) ، وفي RNA2 تشفر بروتين الغلاف (CP) . وفـي عـدد قليل مـن الحـالات تستمر الترجمـة بعد شـيفرة الوقـوف Stop لتشـكل بروتينـاً أكبـر، ففـي RNA1 يمتـد بـروتين التضـاعف ليشـمل RNA-dependent RNA

polymerase (RdRp)، بينمـــا منطقـــة امتـــداد الترجمـــة Reddthrought لبـــروتين الغـلاف هـي علـى الأرجـح ضـرورية مـن أجـل تجميـع الجزيئـات، والانتقـال بواسـطة الفطريـات المخاطيـة النباتيـة Plasmodiophoromycetes، وتوجـد مورثـة أخـرى فـي النهايـة 3´ علـى كـل جـزيء RNA ، ففـي RNA1 تشـفر بـروتين (MP) الـذي يسـمح للفيروس بالانتقال بين الخلايا المتجاورة عن طريق القنـوات السيتوبلاسمية، بينما وظيفة البروتين الذي تشفره هذه المورثة على RNA2 غير مؤكدة، ولكن يعتقد أنها تلعب دوراً في تثبيط ردود الفعل الدفاعية للنبات المضيف (الشكل 1-11).

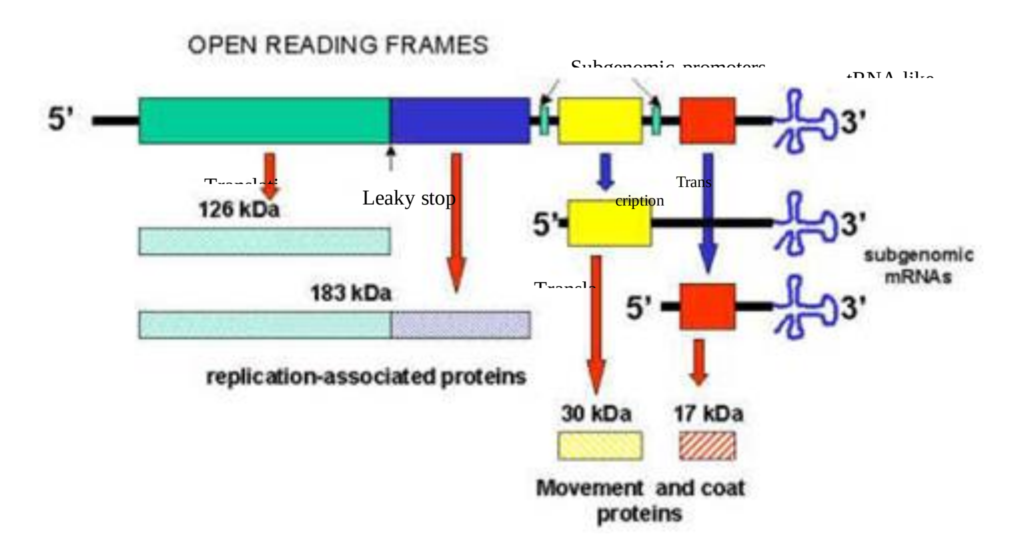


الشكل 1-11: تركيب الجينوم عند فيروسات الجنس *Furovirus*

الجنس *Fijivirus* : في هذا الجنس 10 جزيئات من RNA ثنـائي السلسلة (dsRNA). ومعظم هذه الجزيئات تشفر بروتينـاً واحداً، منهـا علـى الأقل 3 بروتينـات بنيويـة تشـكل الفيريون المعقد.

عنـد فيـروس موزاييـك التبـغ TMV مـن الجـنس *Tobamovirus*، تـتم ترجمـة أربـع مورثات محمولة على الحمض النـووي، إذ إن المورثـة فـي النهايـة´5 تتـرجم إلـى بـروتين (126 KDa) يعمل كـإنزيم تضـاعف فيروسـي Viral replicase، وقد تستمر عملية

الترجمة لما بعد شيفرة stop لتشكل بروتينـات أكبـر حجمـاً (183 KDa) مرتبطـة بعمليـة التضاعف أيضاً. وفي مرحلة لاحقة يتم استنساخ جزيئتي mRNA من النهايـة´3 بواسطة إنـزيم Transcriptase الموجـود فـي الفيـروس، التـي تتـرجم فـي مرحلـة متـأخرة إلـى بروتينـات (30 KDa) تلعـب دوراً فـي عمليـة انتقـال الفيـروس مـن خليـة إلـى أخـرى، وبروتينات بنيوية تدخل في تركيب الغلاف البروتيني (17.6 KDa).



الشكل 12-1: عملية ترجمة المورثات المحمولة على الحمض النووي RNA⁻ لفيروس موزاييك التبغ TMV.

تحرير الفيروسات

يتم في المرحلة الأخيرة تحرير الفيريونات الحديثة من الخلية المصـابة، عن طريق تحلل الخلية وانطلاق الفيريونات، أو أنها تنز من الغشاء الخلوي، أو تخرج بالتبرعم.

انتقال وتوزع الفيروسات ضمن النبات

Translocation and distribution of viruses in plant

تبعاً للفيروس، ينتقل الجينوم الفيروسي أو الفيريون من خلية إلى أخرى عبر القنوات السيتوبلاسمية Plasmodesmata التي تربط بين الخلايا المتجاورة.

تشكل العديد من الفيروسات "بروتينات حركة" تسهل عملية انتقالها Movement proteins (MP)، والتي تعمل على توسيع القنوات السيتوبلاسمية، مما يسهل انتقال الفيروس بين الخلايا المتجاورة.

إن عملية انتقال الفيروس من خلية إلى أخرى بطيئة نسبياً، حيث يحتاج الفيروس من ساعة إلى عدة ساعات ليتمكن من التضاعف في الخلية، والانتقال إلى خلية مجاورة، فيتحرك الفيروس في برانشيم الورقة مسافة 1 مم أو 8 – 10 خلايا باليوم. ولكي يتمكن الفيروس من الانتشار في كل النبات، يجب أن يدخل إلى الأوعية اللحائية، إذ ينتقل بداخلها بسرعة ولمسافات طويلة ضمن النبات محمولاً مع النسغ.

بعد الانتقال السريع للفيروس في الأوعية اللحائية (عدة سنتيمترات في الساعة)، يعود لينتقل الفيروس من جديد إلى الخلايا البارانشيمية المحيطة بها عبر القنوات السيتوبلاسمية، ليتكاثر فيها، وينتقل إلى الخلايا المجاورة.

وبشكل عام، فإن الوقت اللازم من بداية حدوث العدوى لخلية أو عدة خلايا، وإصابة النبات جهازياً يتراوح من عدة أيام إلى عدة أسابيع تبعاً للفيروس، والنبات المضيف، والظروف البيئية.

في حالة الإصابة الجهازية، تبقى بعض الفيروسات محصورة في الأوعية اللحائية وعدد قليل من الخلايا البارانشيمية المجاورة، كما هي الحال في مرض التفاف أوراق البطاطا Potato leaf roll. في حين أن انتشار بعض الفيروسات الأخرى لا ينحصر في نسيج محدد، كما هي الحال في الفيروسات المسببة لأعراض الموزاييك. وقد يكون انتشار

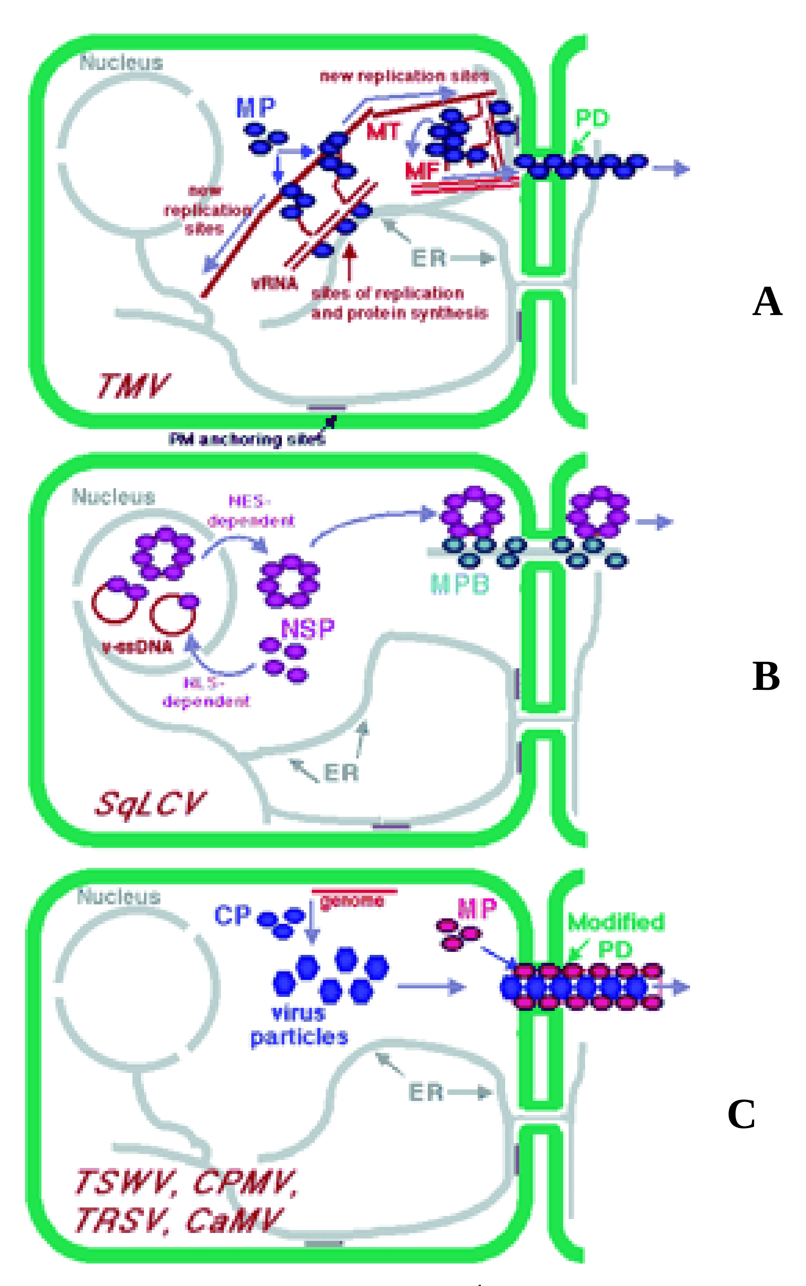
الفيروس جهازياً في كل خلايا النبات، فعدد قليل من الفيروسات يغزوأيضاً كل أنسجة القمم الميرستيمية الحديثة، بينما معظم الفيروسات الأخرى تترك القمم النامية للسوق والجذور للنباتات المصابة خالية من الفيروسات عندما يكون نمو هذه القمم أسرع من انتقال الفيروسات إليها.

لقد تم تعريف ثلاث آليات مختلفة لانتقال الفيروسات النباتية من خلية إلى أخرى:

1 – يرتبط الرنا الفيروسي مع بروتين الحركة (MP)، وينتقل على طول الأنابيب الدقيقة من مواقع تضاعف الفيروس على الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية (ER) إلى مواقع ارتباط افتراضية على الغشاء الخلوي والوصلات السيتوبلاسمية، إذ تنتقل عبرها إلى الخلايا المجاورة. وهذه الفيروسات لا تتطلب وجود بروتينات الغلاف (CP) من أجل الانتقال من خلية إلى أخرى. ومن الفيروسات التي تنتقل بهذه الطريقة فيروس موزاييك التبغ Tobacco mosaic virus (TMV).

2 – يقوم البروتين Nuclear shuttle protein) NSP) بنقل النسخ الجديدة من الجينوم الفيروسي ssDNA من النواة إلى السيتوبلاسم عبر الغلاف النووي، ثم يقوم البروتين MPB، المرتبط مع الأنابيب المنحدرة من الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية، بالارتباط مع المعقد NSP-ssDNA في السيتوبلاسم، ونقله على طول الأقنية السيتوبلاسمية ليعبر إلى الخلايا المجاورة. وهذه الفيروسات لا تتطلب أيضاً وجود بروتينات الغلاف (CP) من أجل الانتقال من خلية إلى أخرى. ومن الفيروسات التي تنتقل بهذه الطريقة فيروس التفاف أوراق الكوسا Squash leaf curl virus.

3- بعض الفيروسات تنتقل كجسيمات كاملة، حيث ترتبط مع البروتين MP الذي يقوم بتوسيع الأقنية السيتوبلاسمية بين الخلايا، ومرور جسيمات الفيروس بسهولة. وانتقال هذه الفيروسات بين الخلايا يتطلب بروتين الغلاف (CP)، بالإضافة إلى بروتين الحركة (MP). ومن الفيروسات التي تنتقل بهذه الطريقة فيروس ذبول وتبقع البندورة Tomato spotted wilt virus (TSWV)، وفيروس التبقع الحلقي في التبغ Tobacco ring spot virus (TRSV) .

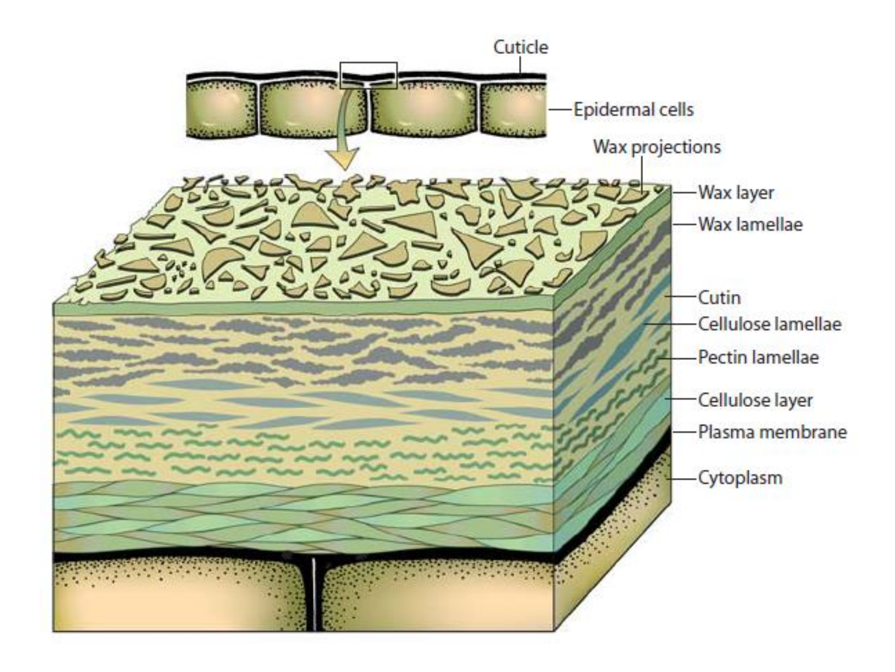


الشكل 1-13: طرائق انتقال الفيروسات من خلية إلى أخرى. (A) انتقال الـرنا الفيروسي بعد ارتباطه مع البروتين MP . (B) انتقال ssDNA بعد ارتباطه مع البروتين NSP من النـواة إلـى السيتوبلاسم، ثـم انتقال المعقد NSP-ssDNA عبر القنوات السيتوبلاسمية بعد ارتباطه مع البروتين MPB . (C) انتقال الجزيئات الفيروسية بالكامل بعد ارتباطها مع البروتين MP .

الفصل الثالث

انتقال الفيروسات النباتية Transmission of plant viruses

تتكون سطوح النباتات التي هي على تماس مع الوسط المحيط من الكيوتيكل أو القشيرة التي تغلف جدر خلايا البشرة. وغالباً ما توجد على سطح القشيرة طبقة إضافية من الشمع، وخاصة في الأجزاء الغضة من النبات. وتحتوي القشيرة على عدة طبقات من: الشمع والكيتين والسيللوز والبكتين (الشكل 1-14). ولكي تستطيع الممرضات اختراق الجدار الخلوي بشكل مباشر، يجب أن تمتلك إنزيمات قادرة على تفكيك كل هذه المركبات.



الشكل 1-14: تركيب الجدار الخلوي والقشيرة (الكيوتيكل) للخلية النباتية (عن Agrios, 2004)

وباعتبار أن الفيروسات، وبعكس الفطريات، لا تمتلك مثل هذه الإنزيمات، فهي لا تستطيع اختراق الجدار الخلوي للخلايا النباتية بشكل مباشر، ولايوجد مواقع استقبال على

سطوح الخلايا النباتية لتسهل دخولها، كما أنها غير قادرة على الدخول عن طريق الفتحات الطبيعية، وبالتالي فهي بحاجة إلى وسيط لإيصالها إلى داخل الخلايا النباتية. فمعظم الفيروسات النباتية تنتقل بواسطة ناقل حيوي من خلال تغذيته على نبات مصاب، والانتقال إلى نبات آخر سليم. وقد تدخل الفيروسات، كما هي الحال في بعض الأمراض الفيروسية، عن طريق الجروح المحدثة أثناء القيام بالعمليات الزراعية مثل التقليم. وهناك عدد قليل من الفيروسات التي يمكن أن تنتقل بحبوب الطلع إلى البذور. كما تنتقل العديد من الفيروسات التي تسبب إصابة جهازية بأعضاء التكاثر الخضري. وسوف نعرض فيما يلي أهم طرائق انتقال الفيروسات في الطبيعة.

1- انتقال الفيروسات بواسطة الإكثار الخضري Transmission of viruses by vegetative propagation

تجدر الإشارة إلى أن كل الأشجار المثمرة تقريباً، والعديد من نباتات الزينة، وكذلك العديد من محاصيل الخضار مثل البطاطا، يتم إكثارها خضرياً. وبالتالي، فإن انتقال الفيروسات بهذه الطريقة تعد على درجة كبيرة من الأهمية بالنسبة لهذه النباتات. فعند أخذ أعضاء تكاثر خضري (عقل، طعوم، أبصال، درنات، ....الخ) من نباتات مصابة، فإن الفيروس ينتقل غالباً إلى النباتات الجديدة الناتجة عنها. وفي حالة الإكثار بالتطعيم بالبرعم، فإن وجود الفيروس في البرعم أو في الأصل، يمكن أن يؤدي إلى انخفاض كبير في نسبة نجاح التحام البرعم مع الأصل، وفشل عملية التطعيم.

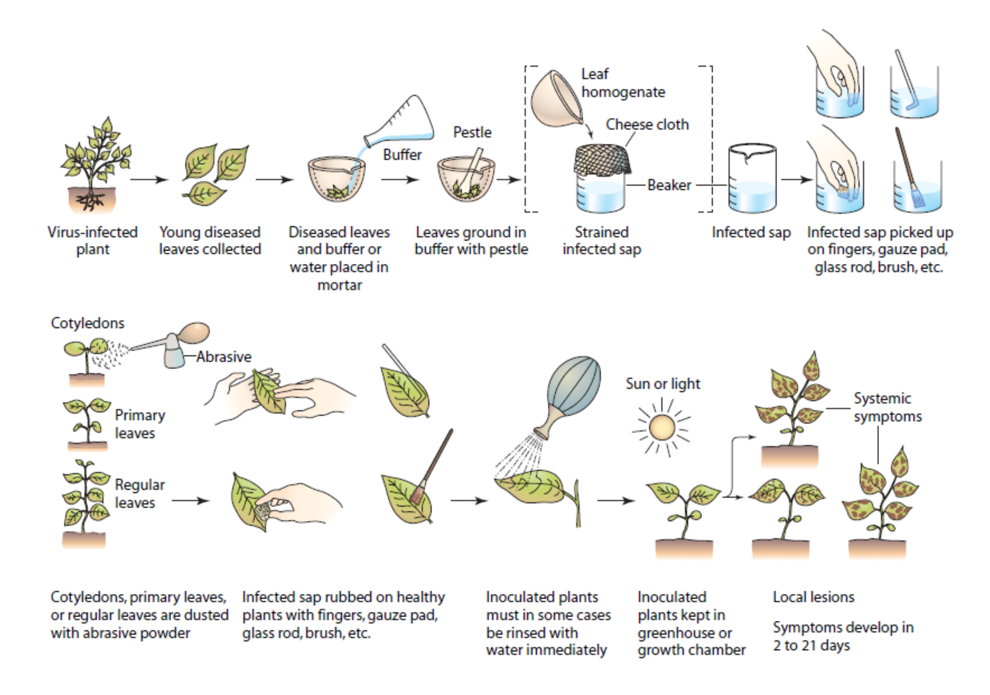
كما يمكن أن يحدث انتقال الفيروسات أيضاً في الطبيعة عن طريق التحام جذور النباتات المتجاورة، وبشكل خاص الأشجار، ومثال ذلك فيروس موزاييك التفاح Apple mosaic virus (ApMV). وبالنسبة للعديد من الفيروسات التي تصيب الأشجار، فإن التحام الجذور في الطبيعة هي الطريقة الوحيدة المعروفة لانتقال مثل هذه الفيروسات من شجرة إلى أخرى ضمن البستان.

2 – الانتقال الميكانيكي للفيروسات بواسطة العصارة النباتية Mechanical transmission of viruses through sap

إن الانتقال الميكانيكي للفيروسات النباتية في الطبيعة عن طريق الانتقال المباشر للعصارة النباتية عند ملامسة النباتات المصابة لنباتات أخرى سليمة غير شائع، وقليل الأهمية نسبياً. ومع ذلك، يمكن أن يحدث هذا النوع من الانتقال نتيجة احتكاك أوراق نباتات مصابة مع أوراق نباتات سليمة مجاورة لها، وخاصة عند هبوب رياح قوية، مما يؤدي إلى إحداث خدوش أو جروح على الأوراق المتلامسة، وخروج العصارة النباتية الحاملة للفيروس وانتقالها عبر الخدوش إلى النباتات السليمة. كما يمكن أن يحدث الانتقال الميكانيكي للفيروسات أثناء القيام بالعمليات الزراعية، وخاصة بواسطة الأدوات الزراعية الملوثة مثل إطارات الجرارات الزراعية، وأدوات التقليم والتطعيم، وكذلك بأيدي العمال وملابسهم، التي تعمل على نقل العصارة النباتية الحاوية على الفيروس، وإحداث العدوى على النباتات السليمة عن طريق الجروح. ومن الفيروسات النباتية المهمّة التي تنتقل ميكانيكياً بالحقل بالعصارة النباتية: فيروس البطاطا X (Potato virus X)، وفيروس موزاييك التبغ Tobacco mosaic virus، وفيروس موزاييك الخيار Cucumber mosaic virus.

وعلى الرغم من قلة أهمية الانتقال الميكانيكي للفيروسات النباتية في الحقل، إلا أنه يعد من الطرائق الأساسية لدراسة معظم الفيروسات مخبرياً، عن طريق العدوى الاصطناعية على نباتات دالة Indicator plants. حيث يتم طحن الأوراق الفتية وبتلات الأزهار لهرس الخلايا وتحرير الفيروس في العصارة النباتية، وغالباً مايضاف محلول منظم لزيادة ثباتية الفيروس، ويمكن أن ترشح العصارة لإزالة بقايا الأنسجة النباتية. ثم تفرك على سطوح أوراق النباتات الفتية بالأصابع، أو باستخدام قطعة شاش، أو فرشاة صغيرة، أو باستخدام بخاخ صغير، وغالباً ما تعفر الأوراق قبل فركها بالعصارة بمواد مخرشة مثل الكاربوراندوم Corborundum أو الكوراندوم Corundum أو الرمل المعقم، أو تخلط هذه المواد مع العصارة النباتية مثل مادة السلايت Celite، التي تساعد على إحداث

خدوش صغيرة تسهل دخول الفيروس دون أن تؤدي إلى موت الخلية (الشكل 1-15). وعادة ما تظهر الأعراض الموضعية على النباتات المعداة اصطناعياً خلال 3- 7 أيام أو أكثر، وقد وجد أن عدد البقع الموضعية يتناسب طرداً مع تركيز الفيروس في العصارة. وفي المضيفات التي تصاب جهازياً، تأخذ الأعراض عادة من 10 إلى 14 يوماً أو أكثر حتى تبدأ بالظهور. ويمكن أحياناً لنفس النباتات أن تبدي أولاً أعراضاً موضعية، ثم أعراضاً جهازية. ومع ذلك، فإن العديد من الفيروسات، وخاصة فيروسات النباتات الخشبية، تكون صعبة أو مستحيلة الانتقال ميكانيكياً بالعصارة النباتية.



الشكل 1-15: المراحل المختلفة للعدوى الميكانيكية أو الانتقال بالعصير الخلوي Sap transmission للفيروسات النباتية (عن Agrios, 2004).

إن الفيروسات التي تنتقل عادة بالعدوى الميكانيكية هي التي تحدث أعراض موزاييك وتبرقش وبقع حلقية، بعكس الفيروسات التي توجد في الأوعية الناقلة، والتي لا تنتقل عادة ميكانيكياً.

3- الانتقال بالبذور Seed transmission

تنتقل بعض الفيروسات بواسطة البذور، وبنسب مختلفة، وذلك تبعاً لنوع الفيروس، والصنف النباتي، ومرحلة نمو النباتات التي حدثت عندها العدوى بالفيروس. إذ يعرف حالياً أكثر من 100 فيروس ينتقل بالبذور. وبشكل عام، فإن نسبة قليلة فقط (1 – 30 %) من البذور الناتجة من نباتات مصابة، ولبعض المضيفات النباتية فقط، تنقل الفيروس. فمثلاً تصل نسبة النقل البذري لفيروس موزاييك الكوسا Squash mosaic virus إلى 35 % في الكوسا، وإلى 10 % في الشمام. ومع ذلك، فقد تصل نسبة انتقال الفيروسات بالبذور إلى أكثر من 50 % في بعض الحالات، أو حتى إلى 100 % في بعض الحالات الأخرى القليلة جداً. وعلى الرغم من أن عدم الانتقال بالبذور هي الحالة الأكثر شيوعاً، إلا أن هناك بعض الفيروسات التي لا تنتقل إلا بالبذور، مثل فيروس موزاييك وتخطط الشعير Barley stripe mosaic virus ، إذ تصل نسبة انتقاله بالبذور إلى أكثر من 90 %. ولكن في معظم الحالات، هناك طرائق أخرى لانتشار الفيروس بالإضافة لانتقاله بالبذور مثل فيروس موزاييك فول الصويا Soybean mosaic virus الذي ينتقل بالبذور وبحشرات المن، وفيروس التبقع الحلقي على التبغ Tobacco ring spot virus الذي ينتقل بالنيماتودا إضافة إلى البذور.

في معظم الفيروسات المنقولة بالبذور، يبدو أن الفيروس يأتي بشكل أساسي من بويضة أزهار النباتات المصابة. وهناك العديد من الحالات المعروفة التي يصل فيها الفيروس إلى البذور عن طريق حبوب الطلع التي تقوم بإخصاب الزهرة. وقد توجد بعض الفيروسات في غلاف البذرة، التي يمكن أن تصيب البادرات أثناء الإنبات عن طريق الجروح.

إن انتقال الفيروس بالبذور وإعطاء نباتات مصابة يرتبط بوجود الفيروس في جنين البذرة، على الرغم من وجود حالة شاذة معروفة، وهي أن بذور البندورة الناتجة من

نباتات مصابة بفيروس موزاييك التبغ تعطي نباتات مصابة، على الرغم من عدم وجود الفيروس في الجنين.

وقد أشارت العديد من الدراسات لوجود علاقة بين وجود الفيروس في خلايا القمم الميرستيمية، ونسبة انتقاله بالبذور، فقد وجد مثلاً أن توضع فيروس التبقع الحلقي على التبغ Tobacco ring spot virus (*Nepovirus*) في خلايا القمم الميرستيمية يجعل نسبة انتقاله بالبذور أكبر مما لو وجد بالمحيط الميرستيمي. أما بالنسبة للفيروس Cowpea aphid-born virus، الذي لا ينتقل عن طريق البذور، فقد وجد على مسافة 100 – 300 ميكرومتراً من القمة الميرستيمية.

4 – الانتقال بحبوب الطلع Pollen transmission

يمكن أن تؤدي الفيروسات المنقولة بحبوب الطلع إلى قلة تشكل الثمار، وإنتاج بذور حاملة للفيروس تعطي عند زراعتها نباتات مصابة. وفي بعض الحالات، يمكن أن تنتشر الإصابة من الأزهار المخصبة بحبوب طلع حاملة للفيروس نحو الأسفل إلى باقي أجزاء النبات، الذي يصبح مصاباً بالفيروس. إن انتقال الفيروس من نبات إلى آخر بواسطة حبوب الطلع هي طريقة معروفة عند بعض الفيروسات، مثل فيروس البقع الحلقية الميتة في الخوخ Prunus necrotic ring spot virus. كما ينتقل فيروس موزاييك وتخطط الشعير Barley stripe mosaic virus (*Hordeivirus*) بحبوب الطلع إلى البذور.

5 – الانتقال بواسطة الحشرات Insect transmission

تشكل الحشرات أكبر وأهم مجموعة من النواقل الحيوية للفيروسات النباتية. وتنتمي معظم الحشرات الأكثر أهمية في نقل الفيروسات النباتية إلى رتبة متشابهة الأجنحة Homoptera، التي تضم حشرات المن، ونطاطات الأوراق، ونطاطات النباتات، والذباب الأبيض، والبق الدقيقي. وهناك عدد قليل من الحشرات الناقلة للفيروسات

النباتية، تنتمي إلى رتب أخرى، مثل البق الحقيقي (رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera)، والتربس (رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera)، والخنافس (رتبة غمدية الأجنحة Coleoptera). تمتاز كل الحشرات التابعة لرتبة متشابهة الأجنحة، إضافة إلى التربس والبق الحقيقي بأجزاء فم ثاقبة ماصة، بينما تمتاز الخنافس بأجزاء فم قارضة.

إن انتقال الفيروسات بالنواقل الحشرية هي عملية نوعية جداً، فلكل فيروس نواقل حشرية متخصصة قد تكون نوعاً معيناً من الحشرات أو عدة أنواع متقاربة، كحشرات المن أو الذباب الأبيض على سبيل المثال، وليس الاثنين معاً. كما أن كل نوع من الحشرات مثل منّ الدراق الأخضر *Myzus persicae* يمكن أن ينقل بعض الفيروسات مثل فيروس اصفرار الشوندر Beet yellow virus، ولا ينقل فيروسات أخرى مثل فيروس تريستيزا الحمضيات Citrus tristeza virus.

ويمكن تقسيم طرائق انتقال الفيروسات بالحشرات تبعاً لطبيعة العلاقة بين الفيروس والحشرة الناقلة إلى:

<u>الانتقال بالحشرات بالطريقة غير المستمرة (أو غير المثابرة) Non-persistent insect transmission</u> : حيث تكون العلاقة بين الفيروس والحشرة سطحية، أي إن الفيروس يحمل على أجزاء فم الحشرة الناقلة، ولذلك تدعى بالفيروسات المحمولة على الرمح Stylet- borne viruses. وتكون فترة التغذية اللازمة لاكتساب الفيروس من النباتات المصابة (فترة الاكتساب Acquisition period) عادة قصيرة تتراوح من ثوان إلى دقائق قليلة. ولا تحتاج الحشرة لفترة كمون، إذ إنها قادرة على نقل الفيروس مباشرة إلى النباتات السليمة. وتحتفظ الحشرة بالفيروس مدة قصيرة تتراوح من دقائق إلى عدة ساعات، وعادة ما تفقد الحشرة القدرة على نقل الفيروس بعد أن تغرس الرمح عدة مرات في النبات السليم. وتعد حشرات المن الناقل الأساسي لمعظم الفيروسات التي تنتقل بالطريقة غير المثابرة. ومن أمثلة هذه الفيروسات، فيروس البطاطا Y (PVY)، وفيروس جدري الخوخ (PPV)، وفيروس موزاييك الخيار (CMV).

وقد وجد أن الحمض النووي لفيروسات الجنس *Potyvirus* ينتج بروتيناً خاصاً يسمى بالعامل المساعد Helper component (HC)، الذي يعد ضرورياً لانتقال هذه المجموعة بحشرات المن.

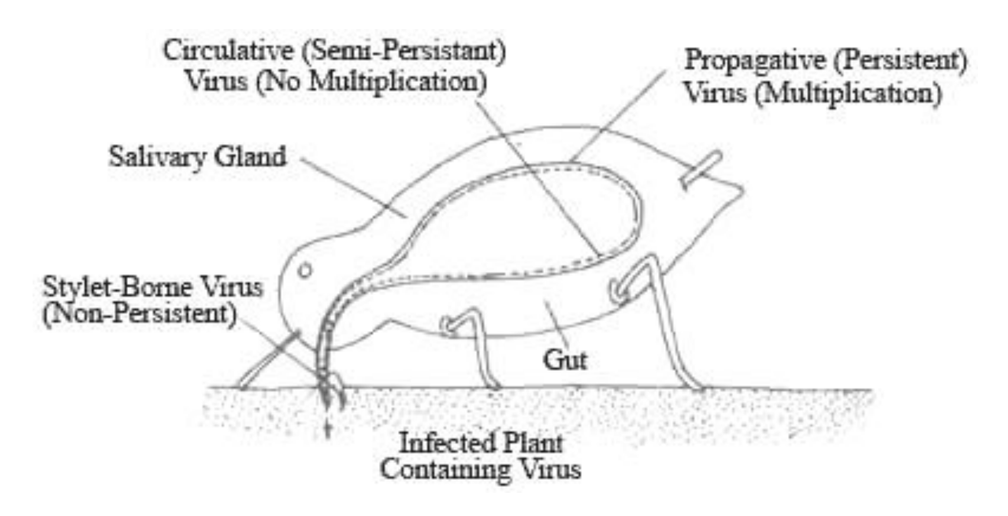
<u>الانتقال بالحشرات بالطريقة الدورانية Circulative insect transmission</u>: تدعى أيضاً بالطريقة نصف المثابرة Semi-persistent. يدخل الفيروس إلى جسم الحشرة، ويتراكم في أنسجتها، وينتقل في القناة الهضمية، وتجاويف الجسم، ويدخل إلى الغدد اللعابية، ولكنه لا يتكاثر في خلايا الحشرة. تتراوح فترة الاكتساب من عدة ساعات حتى عدة أيام من التغذية. وتصبح الحشرة قادرة على نقل الفيروس بعد عدة دقائق إلى عدة ساعات. وتفقد الحشرة القدرة على نقل الفيروس ببطء (أكثر من عدة أيام). ومن الفيروسات التي تنتقل بهذه الطريقة فيروسات الفصيلة Luteoviridae.

<u>الانتقال بالحشرات بالطريقة التكاثرية Propagative insect transmission</u>: تدعى ايضاً بالطريقة المثابرة Persistent. يتكاثر الفيروس في خلايا الحشرات الناقلة. وتختلف فترة الاكتساب تبعاً للفيروس، حيث تتراوح بين 15 و 60 دقيقة. وتمتد فترة الكمون عدة أيام بعد التغذية، وتبقى الحشرة قادرة على نقل الفيروس مدى الحياة، كما يمكن للفيروس أن ينتقل إلى أجيال الحشرة التالية. فعلى سبيل المثال، يتكاثر فيروس ذبول وتبقع البندورة Tomato spotted wilt virus في خلايا حشرات التربس الناقلة له، وبمجرد اكتساب الحشرة للفيروس، تصبح قادرة على نقله مدى الحياة.

وهذه الفيروسات النباتية التي تستطيع أن تتكاثر في نواقلها الحشرية، تعد كفيروسات نباتية وحشرية في آن واحد.

الانتقال بحشرات المن Aphid transmission: تعد حشرات المن أكثر الحشرات الناقلة للفيروسات النباتية أهمية. إذ تقوم بنقل عدد كبير من الفيروسات التابعة لأجناس مختلفة مثل *Potyvirus* و *Cucumovirus* و *Luteovirus* ، حيث تنتقل كل فيروسات المجموعة Potyviruses (أكبر مجموعة من الفيروسات النباتية) بواسطة

حشرات المن. ومعظم الفيروسات التي تنتقل بحشرات المن تنتقل بالطريقة غير المثابرة Non-persistent. ومن أهم حشرات المن التي تقوم بنقل الفيروسات النباتية منّ الدراق الأخضر *Myzus persicae*.



الشكل 16-1: الطرائق المختلفة لانتقال الفيروسات بواسطة حشرات المن. فيروسات محمولة على الرمح (طريقة غير مثابرة) Stylet – borne virus (non-persistent) ، طريقة دورانية أو نصف مثابرة Circulative (semi-persistent)، طريقة تكاثرية أو مثابرة Propagative (persistent) .

الانتقال بالذبابة البيضاء Whitefly transmission : تنقل الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* أكثر من 111 فيروساً، ينتمي 90 % منها للجنس *Begomovirus*، و حوالي 6 % للجنس *Crinivirus*، والباقي (4 %) تنتمي للأجناس *Closterovirus* و *Ipomovirus* و *Carlavirus*. وهذه الفيروسات التي تنتقل بالذبابة البيضاء، لاتنتقل بالملامسة ولا بالتقليم، وغير قادرة على البقاء في التربة. كما أن معظم هذه الفيروسات تنتقل بالذبابة البيضاء بالطريقة المثابرة، باستثناء فيروس اصفرار عروق الخيار Cucumber vein yellowing virus (CVYV). وعادة ما تسبب الفيروسات التي تنتقل بواسطة الذبابة البيضاء أعراض اصفرار وتجعد الأوراق، ومن أمثلتها فيروس

تجعد واصفرار أوراق البندورة Tomato yellow leaf curl virus ، وفيروس الاصفرار المعدي في الخس Lettuce infectious yellows virus.



الشكل 1-17: الحشرات الناقلة للفيروسات. (A) منّ الدراق الأخضر *Myzus persicae* . (B) الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* .

الانتقال بنطاطات الأوراق ونطاطات النبات Leafhopper and Planthopper transmission : تقوم نطاطات الأوراق ونطاطات النبات بنقل حوالي 55 فيروساً نباتياً، وتشمل فيروسات ذات حمض نووي RNA ثنائي السلسلة (Reoviridae)، وفيروسات الفصيلة Rhabdoviridae، وبعض فيروسات الفصيلة Geminiviridae . وينتقل بعض هذه الفيروسات بطريقة دورانية (Circulative)، ومعظمها يتكاثر في الحشرة (Propagative)، كما ينتقل البعض منها عن طريق بيض الحشرة. وتحتاج معظم نطاطات الأوراق ونطاطات النبات لفترة تغذية (فترة اكتساب الفيروس) من يوم إلى عدة أيام، ومجرد اكتساب الفيروس، تصبح قادرة على نقله طوال حياتها. وتتراوح فترة الحضانة من 1 – 2 أسبوع من وقت اكتساب الفيروس، حتى تصبح الحشرة قادرة على نقله.

ومن نطاطات الأوراق النوع *Micrutalis malleifera* الذي يقوم بنقل الفيروس Tomato pseudo-curly top virus. ومن أمثلة الفيروسات التي تنتقل أيضاً بنطاطات الأوراق فيروس موزاييك الذرة Maize mosaic virus ، وفيروس تخطط الذرة Maize streak virus.



الشكل 1-18: بعض نطاطات الأوراق الناقلة للفيروسات. (A) نطاط الأوراق الأخضر Green leafhopper . (B) النوع *Micrutalis malleifera*.

الانتقال بحشرات التربس Thrips transmission : تنقل حشرات التربس فيروسات الجنس *Tospovirus* من الفصيلة Banyaviridae، حيث تنتقل هذه الفيروسات بسبعة أنواع من التربس على الأقل، ومن أهمها تربس الأزهار الغربي *Frankinella occidentalis* (الناقل الرئيس لفيروس ذبول وتبقع البندورة Tomato spotted wilt virus)، وتربس التبغ، وتربس البصل، وتربس الشمام.

لا تستطيع حشرات التربس البالغة اكتساب الفيروس أثناء التغذية، وإنما يتم اكتسابه من قبل الحوريات أثناء تغذيتها على النباتات المصابة. وبمجرد اكتساب الحورية للفيروس، وذلك بعد تغذيتها على الورقة المصابة لمدة 30 دقيقة أو أكثر، تستطيع الاحتفاظ به خلال الانسلاخ والتعذر، وخروج الحشرة الكاملة التي تكون حاملة للفيروس، والتي تستطيع نقله إلى النباتات السليمة طوال حياتها. وتستغرق فترة الحضانة حوالي 30 دقيقة أو أكثر.

وباعتبار أن حشرات التربس الكاملة لا تنتقل من نبات إلى آخر بنفس القدر الذي تقوم به حشرات المن، لذلك فإن انتشار الفيروسات التي تنتقل بحشرات التربس لا يكون وبائياً بقدر ما هو عليه في بعض الفيروسات التي تنتقل بحشرات المن.



الشكل 1-19: حشرة تربس من النوع *Frankinella occidentalis* الناقل الرئيس للفيروس Tomato spotted wilt virus .

الانتقال بالخنافس Beetle transmission : تقوم الخنافس بنقل فيروسات من عدة أجناس، مثل فيروس موزاييك الفاصولياء الجنوبية Southern bean mosaic virus (*Sobemovirus*)، وفيروس الموزاييك الأصفر للفت Turnip yellow mosaic virus (*Tymovirus*)، وفيروس موزاييك اللوبياء Cowpea mosaic virus (*Comoviridae*). وتمتاز الفيروسات التي تنتقل بواسطة الخنافس بثباتية عالية، وبسهولة انتقالها ميكانيكياً. ومن أهم الخنافس الناقلة للفيروسات خنفساء الخيار *Acalymma* sp.، والخنفساء البرغوثية *Phyllotreta* sp. .



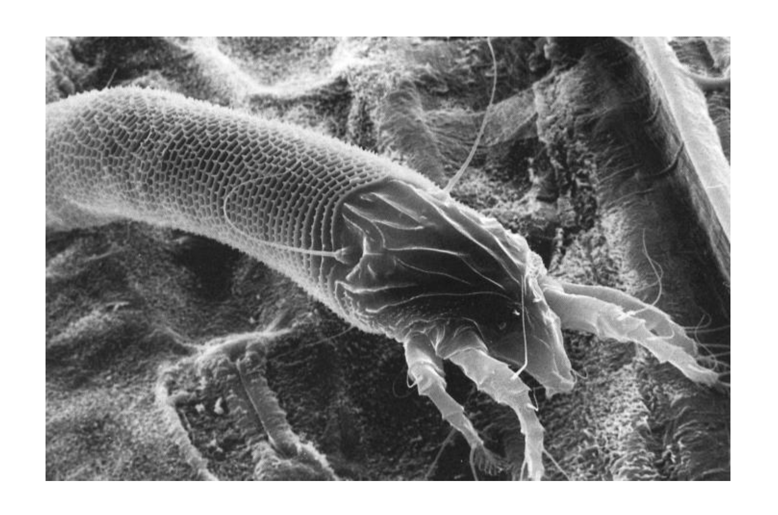


الشـكل 1-20: خنـافس ناقلـة للفيروسـات. (A) خنفسـاء الخيـار المنقطـة *Diabrotica undecimpunctata howardi* . (B) خنفساء الخيار المخططة *Acalymma vittatum* .

6– الانتقال بواسطة الحلم Mite transmission

يعد الحلم من الآفات الزراعية غير الحشرية الواسعة الانتشار في كافة أنحاء العالم، وهي حيوانات صغيرة الحجم، دودية الشكل، يتراوح طولها بين 0.1 – 0.3 مم، تتبع لصف العنكبوتيات Arachnida، ولتحت صف الأكاروسات Acari ، وفوق فصيلة الحلم Eriophyoidea. ويمتاز الحلم بوجود زوجين من الأرجل فقط، وله أجزاء فم ثاقبة ماصة.

يقوم الحلم بنقل فيروسات من الجنسين *Rymovirus* و *Tritimovirus* بالطريقة نصف المثابرة، حيث يستطيع الفيروس أن يدخل إلى القناة الهضمية، ويحتفظ الحلم بالفيروس بعد الانسلاخ، ولكنه لا ينتقل إلى النسل مع البيض.



الشكل 21-1: الشكل الخارجي للحلم من النوع *Aceria tosichella* إذ يلاحظ الشكل الدودي للحلم، ووجود زوجين من الأرجل.

ومن أمثلة الفيروسات التي تنتقل بالحلم : فيروس الموزاييك المخطط في القمح Wheat streak mosaic virus (WSMV) (من الجنس *Tritimovirus* والفصيلة Potyviridae) الذي ينتقل بحلم تجعد القمح *Aceria tosichella*، وقد أثبتت العديد من الدراسات أن وجود البروتين Helper component – protein (HC-Pro) الذي يشفره الحمض النووي الفيروسي ضروري لانتقال هذا الفيروس بواسطة الحلم، كما هو ضروري لانتقال الفيروسات الأخرى التي تنتج هذا البروتين بواسطة حشرات المن. كما ينتقل فيروس موزاييك التين Fig mosaic virus بواسطة الحلم *Aceria ficus*.

7- الانتقال بواسطة الديدان الخيطية (النيماتودا) Nematode transmission

ينتقل العديد من الفيروسات النباتية بواسطة نوع واحد أو أكثر من أنواع الديدان الخيطية. إذ تنقل النيماتودا من الأجناس *Longidorus* و *Paralongidorus* و *Xiphinema* العديد من فيروسات الجنس *Nepovirus*، مثل فيروس الورقة المروحية في العنب

Grape fanleaf virus (GFLV)، وفيروس التبقع الحلقي على التبغ Tobacco ring spot virus (TRSV)، وغيرها. بينما تقوم النيماتودا من الأجناس *Trichodorus* و *Paratrichodorus* بنقل فيروسات من الجنس *Tobravirus* ، مثل فيروس خشخشة التبغ Tobacco rattle virus، وفيروس التلون البني المبكر للبازلاء Pea early browning virus.



الشكل 1-22: أنثى بالغة للنيماتودا *Paratrichodorus pachydermus* الناقلة لفيروس خشخشة التبغ Tobacco rattle virus.

تنقل النيماتودا الفيروسات عند تغذيتها على جذور نباتات مصابة، ثم الانتقال إلى جذور نباتات أخرى سليمة. وتستطيع الأطوار اليرقية والأطوار البالغة اكتساب الفيروس ونقله، ولكن الفيروس لا ينتقل إلى الأطوار التالية بعد عملية الانسلاخ، ولا عن طريق البيوض. لذلك فإن الأطوار اليرقية والأطوار البالغة الناتجة عن عملية الانسلاخ تحتاج للتغذي على نباتات مصابة لاكتساب الفيروس من جديد.

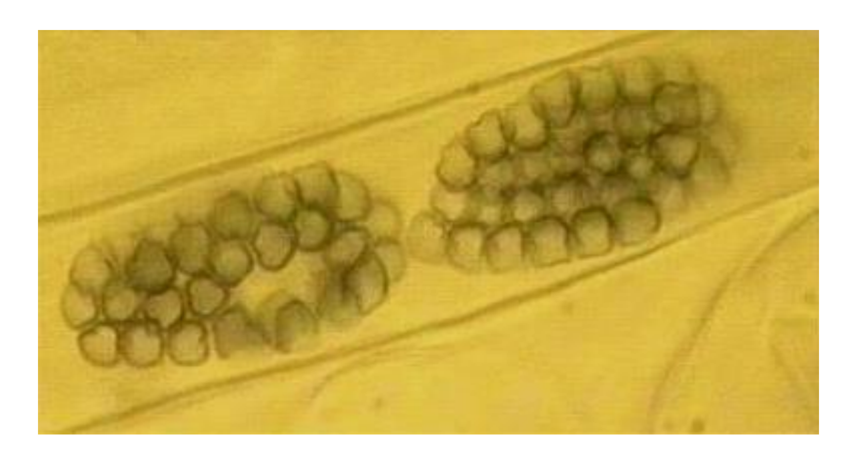
8 – الانتقال بواسطة الفطريات Fungus transmission

تقوم بعض الفطريات المخاطية النباتية Plasmodiophoromycetes من الجنسين *Polymyxa* و *Spongospora*، وبعض الفطريات الكيتريدية Chytridiomycota من الجنسين *Olpidium* و *Synchytrium*، بنقل العديد من الفيروسات النباتية. إذ إن هذه الفطريات تمتاز بتشكيل أبواغ سابحة Zoospores تسهم في نقل الفيروسات من نبات إلى آخر، كما أنها تشكل أبواغاً ساكنة Resting spores قادرة على المحافظة على الفيروسات في التربة لفترة طويلة.

تنقل فطريات الجنس *Olpidium* فيروسات كروية متساوية الأبعاد ذات حمض نووي RNA وحيد السلسلة (ssRNA) من الجنس (*Necrovirus*) مثل فيروس تنكرز التبغ Tobacco necrosis virus، وفيروسات ذات حمض نووي (dsRNA) من الجنس (*Varicosavirus*) مثل فيروس تضخم عروق الخس Lettuce big vein virus. كما يسهم الفطر *Synchytrium endobioticum*، المسبب لمرض سرطان البطاطا، بنقل فيروس X البطاطا Potato virus X.

ويقوم الفطر *Polymyxa graminis* بنقل العديد من الفيروسات التي تصيب النجيليات، منها فيروسات خيطية مثل فيروس الموزاييك الأصفر للشعير Barley yellow mosaic virus (*Bymovirus*). وعصوية من الجنس (*Furovirus*) مثل فيروس موزاييك القمح المنقول بالتربة Soil-borne wheat mosaic virus، والفيروس Peanut clump virus (*Pecluvirus*). ويقوم الفطر *P. betae* بنقل فيروس اصفرار وتنكرز عروق الشوندر (الريزومانيا) Beet necrotic yellow vein virus (*Benyvirus*).

كما ينتقل الفيروس Potato mop-top virus (*Pomovirus*) بواسطة الفطر *Spongospora subterranea* المسبب لمرض الجرب المسحوقي على البطاطا.



الشكل 1-23: أبواغ ساكنة Resting spores للفطر *Polymyxa graminis* داخل جذور أعشاب نجيلية.

9 – الانتقال بواسطة الحامول Dodder transmission

الحامول نبات زهري متطفل من الجنس *Cuscuta*، يمتاز بساق خيطية رفيعة، ملتفة صفراء أو برتقالية اللون، ويحمل حراشف صغيرة بدلاً من الأوراق، ويشكل العديد من الأزهار الصغيرة التي تحمل عدداً كبيراً من البذور.

يتطفل الحامول على العديد من المحاصيل، التي تشمل البقوليات والباذنجانيات والبصل والشوندر السكري، إضافة إلى العديد من نباتات الزينة والنباتات البرية والأعشاب الضارة.

تمضي نباتات الحامول فصل الشتاء على هيئة بذور في التربة، أو مختلطة مع بذور المحاصيل. وعندما تنبت البذور، ويلامس ساق الحامول نباتات قابلة للإصابة، يتسلق ويلتف عليها، ويرسل ممصات Haustoria تخترق الساق والأوراق حتى تصل إلى الأوعية الناقلة، لتبدأ بامتصاص الماء والمواد الغذائية.

وعند انتقال الحامول من نبات إلى آخر، من خلال تشكيله لجسور تصل بين النباتات المتجاورة، يقوم بنقل العديد من الأمراض الفيروسية، مثل فيروس موزاييك الفصة

وفيروس موزاييك الخيـار Cucumber mosaic virus ، Alfalfa mosaic virus ، وفيروس ذبول وتبقع البندورة Tomato spotted wilt virus.



الشكل 1-24: نبات الحامول .Cuscuta sp متطفل على الفليفلة، إذ يلاحظ أن النبات المتطفل يأخذ شكل الخيوط الرفيعة الملتفة، ويحمل العديد من الأزهار الصغيرة.

الفصل الرابع

تسمية وتصنيف الفيروسات

Nomenclature and classification

كانت هناك العديد من المحاولات لتصنيف الفيروسات منذ بداية اكتشافها، إلا أنه نظراً لغياب المعايير الدقيقة، ظهرت العديد من التناقضات في تسمية الفيروسات، فقد أعطيت مثلاً تسميات متعددة لفيروس واحد، أو بالعكس تسمية واحدة لعدة فيروسات. ولكن مع تطور العلوم، واستخدام المجهر الإلكتروني، وتقانات البيولوجيا الجزيئية، والتقانات الحيوية، ساهم كل ذلك في التحديد الدقيق لبنية الفيروسات وأشكالها، وبالتالي الاتفاق على مفاهيم وتسميات أكثر قبولاً من قبل معظم العاملين في مجال الفيروسات.

استخدم Johnson في عام 1927 طريقة الترقيم في تسمية الفيروسات، وذلك بإضافة كلمة Virus إلى الاسم الشائع للنبات المضيف، متبوعة برقم يدل على ترتيب اكتشاف الفيروس، وبذلك يصبح فيروس موزاييك التبغ: Tobacco virus 1.

وفي عام 1931 استخدم Smith الحروف الهجائية للتمييز بين فيروسين يصيبان البطاطا، حيث أطلق عليهما X و Y، ثم تبعه آخرون في تسمية الفيروسات التي اكتشفت لاحقاً على البطاطا. وفي عام 1937 أوجد Smith طريقة جديدة في التسمية تعتمد على الاسم اللاتيني لجنس النبات المضيف، مضافاً إليه كلمة Virus، ثم رقم يدل على ترتيب اكتشاف الفيروس، ومثال ذلك فيروس موزاييك التبغ *Nicotiana* virus I.

ولكن أبسط الطرائق التي استخدمت في تسمية الفيروسات، والتي رافقت بدايات التعرف على أعراض الأمراض الفيروسية، اعتمدت على أساس العرض الظاهري الأكثر وضوحاً الذي يسببه الفيروس على أول مضيف نباتي تمت دراسة الفيروس عليه، مضافاً

إليــه كلمــة فيــروس، فيصــبح فيــروس موزاييــك التبــغ Tobacco mosaic virus، والفيروس الذي يسبب أعراض ذبول وتبقع على البندورة Tomato spotted wilt virus، وفيروس التفاف أوراق البطاطا Potato leaf roll virus. وعلى الرغم من أن هذه التسمية هي الأكثر قبولاً وتداولاً، إلا أنها ليست طريقة دقيقة في تسمية الفيروسات، وذلك نظراً لأن الأعراض التي يسببها فيروس ما على نفس النبات المضيف تختلف باختلاف الظروف البيئية، وباختلاف السلالة الفيروسية، وتختلف الأعراض التي يسببها نفس الفيروس على عوائل نباتية مختلفة، كما قد تسبب فيروسات مختلفة أعراضاً متشابهة على نفس المضيف النباتي.

وفي السبعينات والثمانينات من القرن الماضي، أضيفت إلى التسمية السابقة للفيروس ما يدعى بالصيغة الفيروسية Cryptogram، التي تتألف من أربعة مقاطع مزدوجة تعبر عن صفات الفيروس، إذ يعبر المقطع الأول عن نوع الحمض النووي وعدد سلاسله، ويعبر المقطع الثاني عن الوزن الجزيئي للحمض النووي (بالمليون) ونسبته المئوية في جسم الفيروس الكامل، بينما يعبر المقطع الثالث عن شكل جسيم الفيروس الكامل وشكل غلافه البروتيني، أما المقطع الرابع فيعبر عن العائل والناقل الحيوي.

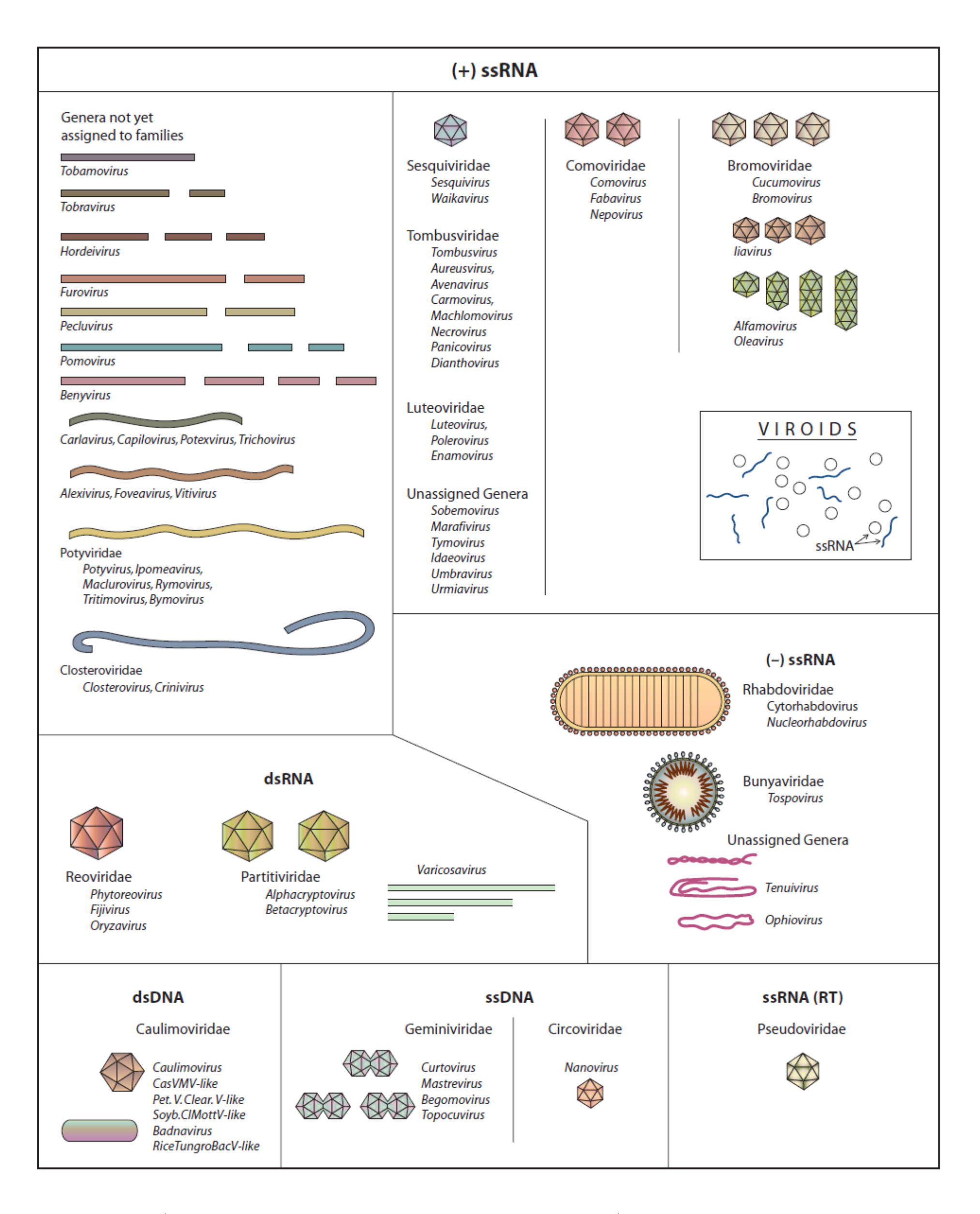
وتبعاً لذلك تكتب الصيغة الفيروسية لفيروس موزاييك التبغ على النحو التالي:

Tobacco mosaic virus: R/1, 2/5, E/E, S/O . حيث R الحمض النووي RNA، E = متطاول، S = نبات بذري، O = لا يوجد ناقل.

وفي منتصف السبعينات من القرن العشرين، أقرت اللجنة الدولية لتصنيف الفيروسات International committee on taxonomy of viruses (ICTV) نظاماً للتصنيف، حيث قسمت الفيروسات إلى 26 مجموعة، وذلك بالاعتماد على نوع الحمض النووي الفيروسي، وبنية وشكل الفيروس، ووجود أو غياب الغلاف البروتيني. إلا أن هذا النظام في التصنيف كانت تعتريه بعض الثغرات والنواقص. إلى أن ظهرت طريقة جديدة في منتصف التسعينات من القرن العشرين، إذ وضعت جميع الفيروسات في مملكة

مستقلة هي مملكة الفيروسات Kingdom viruses (Agrios, 2005) ، وقسمت الفيروسات ضمن هذه المملكة تبعاً لنوع الحمض النووي (RNA أو DNA)، ثم تبعاً لعدد السلاسل المشكلة للحمض النووي (وحيد أو مضاعف السلسلة)، وكذلك إشارة الحمض النووي موجب (+) أو سالب (-)، وكذلك تبعاً لشكل الجسيمات الفيروسية (خيطية، أو عصوية أو كروية متساوية الأبعاد). وفي كل من هذه المجموعات هناك فيروسات تتضاعف بواسطة الإنزيم RNA polymerase (فيروسات ذات +RNA أو DNA)، أو بواسطة إنزيم الاستنساخ العكسي Reverse transcriptase (فيروسات -RNA أو DNA). كما يؤخذ بعين الاعتبار أيضاً عدد الأجزاء المشكلة للجسيمات الفيروسية، فجينوم بعض الفيروسات يوجد في جزء واحد (فيروسات وحيدة الجزء Monopartite viruses)، وعند بعض الفيروسات الأخرى، يكون الجينوم مجزأ في اثنتين أو ثلاث ونادراً في أربعة أجزاء (Multipartite viruses). وهناك صفات أخرى ينظر إليها أثناء تصنيف الفيروسات، مثل تناظر الحلزون في الفيروسات الحلزونية، أو عدد وترتيب تحت الوحدات البروتينية في الفيروسات الكروية، وكذلك حجم الفيروس، وأخيراً الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للفيروسات.

وسوف نعرض فيما يلي أهم مجموعات وفصائل وأجناس الفيروسات تبعاً للتصنيف المعتمد حالياً:



الشكل 1-25: التصنيف المعتمد حالياً للفيروسات النباتية إلى فصائل وأجناس، وذلك تبعاً لنوع الحمض النووي (DNA أو RNA)، وعدد السلاسل المكونة له (وحيد أو ثنائي السلسلة، وقطبيته (+ أو -)، وكذلك أشكال الفيريونات (كروية أو عصوية أو خيطية).

مملكة الفيروسات Kingdom of viruses

أولاً: فيروسات ذات حمض نووي RNA وحيد السلسلة وموجب (+ssRNA)

1 – أجناس فيروسية غير مصنّفة في فصائل

- <u>الجسيمات الفيروسية عصوية الشكل Rod-shaped particles</u>

الجــنس *Tobamovirus* : اســم هـذا الجـنس مشـتق مـن فيـروس موزاييـك التبـغ Tobacco mosaic virus، ويضم أكثر من اثني عشر فيروساً عصوي الشكل، أبعادها 18 X 300 نانومتراً. يتألف الجينوم من جزيئة واحدة من +ssRNA ، ويتـألف الغلاف البروتيني من نوع واحد من تحت الوحدات البروتينية المرتبة بشكل حلزوني. ومن أهم فيروسات هذا الجنس TMV و فيروس موزاييك البندورة Tomato mosaic virus (ToMV).

الجنس *Tobravirus* : اسم هذا الجنس مشتق من فيروس خشخشة التبغ Tobacco rattle virus (TRV). تتـألف الجسيمات الفيروسية من جزأين عصويي الشكل، أبعادهما 22X 190 نانومتراً، و 22 X 110 – 80 نانومتراً، ويحتوي كل جزء على +ssRNA، حيث يضم الجزء الطويل أربع مورثات، اثنتان تشفران جزيئتين بروتينيتين (194K و 29K) يبدو أنهما عبارة عن الإنزيم RNA polymerase، الذي يعمل على تضاعف كل من جزيئتي الـ RNA، ومورثة آخرى تشفر بروتيناً يسهل حركة الفيروس من خلية إلى أخرى، والمورثة الرابعة تشفر بروتيناً صغيراً وظيفته غير معروفة. أما جزيئة الـ RNA الصغيرة، فتحتوي على مورثة واحدة تشفر بروتين الغلاف (CP) لكلتي جزيئتي الفيروس، إضافة إلى مورثتين صغيرتين تشفران بروتينات مجهولة الوظيفة.

```
RNA1  O-----------------ORF1------>-----ORF2-I--3--I---4---3OH    RNA2  O------------------------------------------3OH
Proteins  ==================  =====   ===  ===                      =========  ==== ====
                   194 kDa         29 kDa      29   12                          CP= 24 kDa
```

تنتقل فيروسات هذا الجنس في الطبيعة بالنيماتودا من الجنسين *Trichodorus* و *Paratrichodorus*. حيث تستطيع الفيروسات البقاء في الناقل لمدة أسابيع أو أشهر، ولكن دون أن تتكاثر فيه. ويمكن لبعض فيروسات هذا الجنس، مثل فيروس التلون البني المبكر للبازلاء Pea early browning virus، أن تنتقل ببذور النباتات المصابة بنسبة 4 – 10 %. ومن فيروسات هذه المجموعة أيضاً فيروس التبقع الحلقي على الفليفلة Pepper ring spot virus .

الجنس *Hordeivirus* : الاسم مشتق من فيروس الموزاييك المخطط في الشعير Barley (Hordeum) stripe mosaic virus (BSMV). تصيب فيروسات هذا الجنس محاصيل الحبوب بشكل أساسي، والأعشاب النجيلية البرية. وتتألف الجسيمات الفيروسية من ثلاثة أجزاء عصوية الشكل، طولها 100 – 150 نانومتراً وعرضها 20 نانومتراً. يشفر RNA الجزء الأطول الإنزيم RNA polymerase من أجل تضاعف الأجزاء الثلاثة، ويشفر الجزء متوسط الطول الغلاف البروتيني للفيروس، وثلاثة بروتينات أخرى وظيفتها غير معروفة، أما الجزء الأصغر فيشفر جزيئتين بروتينيتين، واحدة منها تشكل على الأرجح RNA polymerase. تنتقل فيروسات هذه المجموعة بالبذور، ويمكن أن تبقى فيها لعدة سنوات.

الجنس *Furovirus* : تتألف الجسيمات الفيروسية من جزأين عصويي الشكل، يحتوي كل منهما على +ssRNA ،طولهما 260 – 300 نانومتراً، و 140 – 160 نانومتراً، وعرضهما 18 – 24 نانومتراً. وتشفر جزيئتا الحمض النووي تسعة بروتينات، تشمل RNA polymerase، والغلاف البروتيني، وبروتينين يسهمان في انتقال الفيروس بواسطة الناقل الحيوي.

تنتقل هذه الفيروسات بالفطريات مثل فيروس موزاييك القمح المنقول بالتربة Soil-borne wheat mosaic virus الذي ينتقل بالفطر *Polymyxa graminis*. وتحافظ هذه الفيروسات على حياتها لفترة طويلة في الأبواغ الساكنة للفطر.

الجنس *Pecluvirus* : تحتوي الجسيمات الفيروسية على جزأين عصويي الشكل، طولهما 245 و 190 نانومتراً، وعرضهما 21 نانومتراً. تنتقل هذه الفيروسات بالفطر *Polymyxa graminis*، وببذور الفول السوداني. والفيروس النموذجي ضمن هذه المجموعة Peanut clump virus .

الجنس *Pomovirus* : تسمية هذا الجنس مشتقة من الفيروس Potato mop-top virus . تتكون الجسيمات الفيروسية من ثلاثة أجزاء عصوية الشكل، أطوالها 290 – 310، و 150 – 160 ، و 65 – 80 نانومتراً، وعرضها 18 – 20 نانومتراً. وتنتقل بالفطريات المخاطية النباتية Plasmodiophoromycetes مثل الفطر *Spongospora subterranean* .

الجنس *Benyvirus* : تسمية هذا الجنس مشتقة من فيروس اصفرار وتنكرز عروق الشوندر السكري (الريزومانيا) Beet necrotic yellow vein virus. تتألف الجسيمات الفيروسية من أربعة أجزاء عصوية الشكل، أطوالها 390 و 265 و 100 و 85 نانومتراً، وعرضها 20 نانومتراً. تنتقل فيروسات هذا الجنس بالفطر *Polymyxa betae* .

- <u>الجسيمات الفيروسية خيطية الشكل Filamentous particles</u>

الجنس *Potexvirus* : التسمية مشتقة من فيروس X البطاطا Potato virus X (PVX). الجسيمات الفيروسية عصوية خيطية، يتراوح طولها بين 470 و 580 نانومتراً، وعرضها 11 – 13 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA+ الذي يشفر 5 بروتينات، تضم الإنزيم RNA polymerase، وبروتين الغلاف الفيروسي، وبروتين ضروري لانتقال الفيروس من خلية إلى أخرى.

لا يعرف لهذه الفيروسات ناقل حيوي، ولكنها تنتقل بسهولة عن طريق ملامسة النباتات المصابة لنباتات أخرى سليمة، وكذلك عند ملامسة النباتات أثناء القيام بالعمليات الزراعية.

الجنس *Carlavirus* : التسمية مشتقة من فيروس القرنفل الكامن Carnation latent virus. الجسيمات الفيروسية عصوية خيطية رفيعة، طولها 610 – 700 نانومتراً، وعرضها 12 – 15 نانومتراً، وتحتوي على جزيئة واحدة من ssRNA+ . تنتقل هذه الفيروسات بشكل أساسي بحشرات المن، أو بأعضاء الإكثار الخضري، وينتقل البعض منها عن طريق ملامسة النباتات السليمة للنباتات المصابة، وينتقل بعضها أيضاً بالذبابة البيضاء، كما ينتقل البعض منها بالبذور.

الجنس *Capillovirus*: الجسيمات الفيروسية خيطية رفيعة شبيهة بالشعر. وتشمل فيروس تثلم ساق التفاح Apple stem grooving virus (600– 700 X 12 نانومتراً)، وفيروس الورقة الممزقة في الحمضيات Citrus tatter leaf virus، وعدداً قليلاً من الفيروسات الأخرى. لا يعرف لهذه الفيروسات ناقل حيوي، وينتقل البعض منها بالبذور.

الجنس *Trichovirus* : الجسيمات الفيروسية خيطية شبيهة بالشعر. ومن فيروسات هذا الجنس فيروس تبقع الأوراق الشاحب في التفاح Apple chlorotic leaf spot virus (ACLSV) (730 X 12 نانومتراً). ينتقل بعض فيروسات هذا الجنس بواسطة حشرات المن أوالبق الدقيقي، ولكن ليس الفيروس ACLSV ، كما ينتقل بعضها بالبذور.

الأجناس *Allexivirus* و *Foveavirus* و *Vitivirus* : فيروسات هذه الأجناس الثلاثة خيطية مرنة، طولها حوالي 800 نانومتراً، وعرضها 12 نانومتراً، وتحتوي على جزيئة واحدة من ssRNA+ . تسمية الجنس *Allexivirus* مشتقة من الفيروس Shallot (*Allium* sp.) virus X، وله مجال مضيفي ضيق، وينتقل بالطبيعة بالحلم.

والنوع النموذجي في الجنس *Foveavirus* هو فيروس تنقر ساق التفاح Apple stem pitting virus، ولا يعرف لفيروسات هذا الجنس ناقل حيوي في الطبيعة. أما تسمية الجنس *Vitivirus*، فهي مشتقة من الفيروس Grapevine (*Vitis* sp.) virus A، ويصيب كل من فيروسات هذا الجنس نوعاً نباتياً واحداً فقط، وتنتقل بعض هذه الفيروسات بواسطة البق الدقيقي، والبعض ينتقل أيضاً بواسطة الحشرات القشرية، وفيروس واحد ينتقل بحشرات المن بالطريقة نصف المثابرة.

- الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد Isometric particles

يمكن أن نميز ضمن هذه المجموعة فيروسات جسيماتها وحيدة الجزء، وتحتوي على الحمض النووي +ssRNA، وتضم الأجناس التالية:

الجنس *Sobemovirus* والنوع الممثل له Southern bean mosaic virus .

الجنس *Marafivirus* والنوع الممثل له Maize rayado fino virus .

الجنس *Umbravirus* والتوع الممثل له Carrot mottle virus .

الجنس *Tymovirus* والنوع الممثل له Turnip yellow mosaic virus .

وجسيمات فيروسية مؤلفة من جزأين، ويحتوي كل منهما على +ssRNA ، وتضم الجنس *Idaeovirus* والنوع الممثل له Raspberry bushy dwarf virus .

الجسيمات الفيروسية عصوية تشبه البكتيريا *Bacillus* (Bacilliform particles)

تتألف الجسيمات الفيروسية من ثلاثة أجزاء، يحتوي كل منها على جزيئة ssRNA . وتضم الجنس *Ourmiavirus* والنوع الممثل له Ourmia melon virus .

2– فصائل الفيروسات Virus families

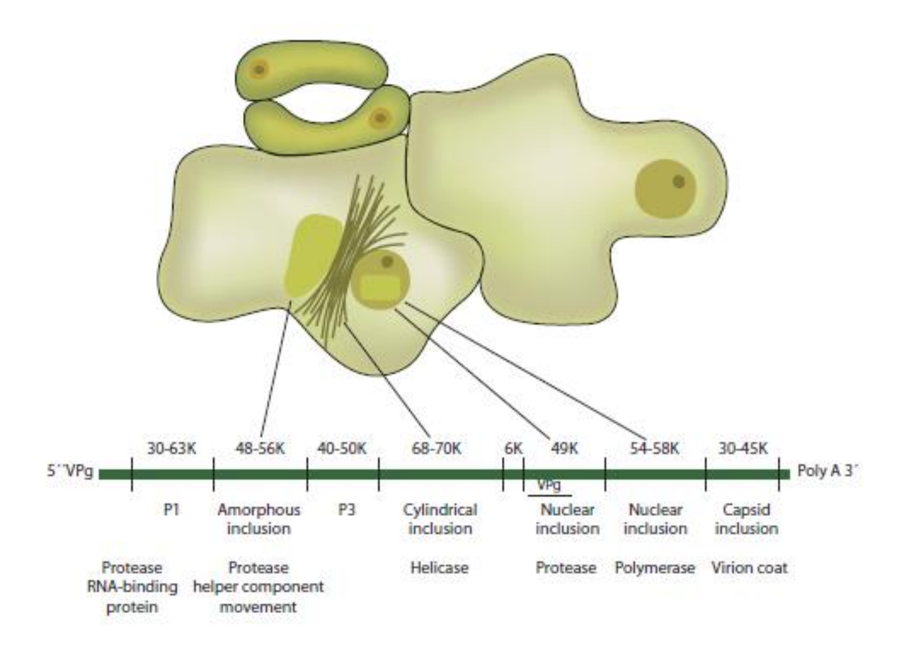
<u>الفيروسات الخيطية Filamentous viruses (ssRNA)</u>

الفصـــيلة Potyviridae : تضـــم هـــذه الفصـــيلة ســـتة أجنـــاس: *Potyvirus* ، *Ipomovirus*، *Macluravirus*، *Tritimovirus*، *Rymovirus* و *Bymovirus*. الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة عرضـها 11 – 15 نـانومتراً. وتشكل جميع فيروسـات هذه الفصيلة أجساماً ضمينة أسطوانية أو على شكل دواليب الهواء في الخلايا المصابة.

1- الجنس *Potyvirus* : التسمية مشتقة من فيروس Y البطاطا Potato virus Y (PVY). ويعد أكبر جنساً من الفيروسات النباتيـة. تتـألف الجسيمات الفيروسية من جزء واحد خيطي مرن، طولـه 680 – 900 نـانومتراً، وعرضـه 12 نـانومتراً، وتحتوي علـى الحمض النووي +ssRNA، ونوع واحد من تحت الوحدات البروتينيـة المشكلة للغلاف. تـرتبط النهايـة 5َ مـن الحمـض النـووي ببـروتين صـغير Vpg يبـدو أنـه يعمـل كبادئـة لتضاعف RNA ، وتضم النهايـة 3َ سلسلة متعددة الأدنين، وظيفتها غير مؤكدة، ولكن يبدو أنها مرتبطـة بقدرة RNA على القيام بدور RNA الرسول. تتم ترجمـة الحمض النووي إلى جزيئـة عملاقة متعددة البروتينـات، يتم تقطيعها لاحقـاً فـي مواقع محـددة إلـى جزيئات أصـغر حجماً، ليتم تقطيعها أيضـاً إلـى ثمانيـة بروتينـات لكل منها وظيفـة معينـة (الشكل 1-26).

تنتقل فيروسـات هـذا الجـنس بالطبيعـة بواسـطة حشـرات المـن بالطريقـة غيـر المثـابرة، وينتقل العديـد منهـا بالبـذور. ومـن أهـم هـذه الفيروسـات: فيـروس الموزاييـك الشـائع فـي الفاصـولياء Bean common mosaic virus (BCMV) ، وفيـروس الموزاييـك الأصـفر فـي الفاصـولياء Bean yellow mosaic virus (BYMV)، وفيـروس موزاييك الخس Lettuce mosaic virus (LMV)، وفيروس جدري الخـوخ Plum pox virus (PPV)، وفيروس التبقـع الحلقـي فـي البابـاظ Papaya ring spot virus

(PRSV)، وفيروس الموزاييك الأصفر في الكوسا Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV).



الشكل 1-26: يوضح الخط ترتيب المورثات في الحمض النووي عند الجنس *Potyvirus* . وفي أعلى الخط حجم البروتينات التي تشفرها كل مورثة. وتحت الخط البروتينات التي تشفرها كل مورثة، ووظيفة كل منها.

2- الجنس *Ipomovirus* : تسمية هذا الجنس مشتقة من النوع النموذج Sweet potato (*Ipomea* sp.) mild mottle virus. طول الجسيمات الفيروسية 800 – 950 نانومتراً. وتنتقل هذه الفيروسات بالذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* بالطريقة غير المثابرة.

3- الجنس *Macluravirus* : التسمية مشتقة من النوع الممثل له Maclura mosaic virus. طول الجسيمات الفيروسية 650 – 675 نانومتراً. وتنتقل هذه الفيروسات بحشرات المن بالطريقة غير المثابرة.

4- الجنس *Rymovirus*: النوع الممثل لهذا الجنس Ryegrass mosaic virus. طول الجسيمات الفيروسية 690 – 720 نانومتراً. وتنتقل هذه الفيروسات بواسطة الحلم.

5- الجنس *Tritimovirus*: النوع الممثل لهذا الجنس Wheat streak mosaic virus. وتنتقل هذه الفيروسات بالحلم، وعلى الأرجح بالطريقة المثابرة.

6- الجنس *Bymovirus*: التسمية مشتقة من فيروس الموزاييك الأصفر للشعير Barley yellow mosaic virus. يتألف كل فيروس من جزأين مختلفي الطول، إحداهما أبعاده 500 – 600 X 12 نانومتراً، والآخر 275- 300 X 12 نانومتراً. هذه الفيروسات محمولة بالتربة، وتنتقل بالفطر *Polymyxa graminis*. ومن فيروسات هذا الجنس أيضاً Oat mosaic virus و Wheat spindle streak mosaic virus .

الفصيلة Closteroviridae : تضم هذه الفصيلة الجنسين *Closterovirus* و *Crinivirus* . وينتقل بعض فيروسات هذه الفصيلة بحشرات المن، وبعضها بالذبابة البيضاء، وبعضها الآخر بالبق الدقيقي. تنتشر هذه الفيروسات بشكل جهازي في النباتات المضيفة، ولكن وجودها يقتصر على اللحاء والخلايا البارانشيمية المحيطة به، وتسبب أعراض اصفرار نتيجة تموت اللحاء، وتنقرأو تثلم الخشب في الساق.

1- الجنس *Closterovirus* : الجسيمات الفيروسية خيطية طويلة ورفيعة ومرنة جداً، طولها 1100 – 2000 نانومتراً، وعرضها 12 نانومتراً، وتحتوي على أكبر جينوم ssRNA في الفيروسات النباتية. ومن فيروسات هذا الجنس فيروس اصفرار الشوندر Beet yellows virus (BYV) ، وفيروس تريستيزا الحمضيات Citrus tristeza virus (CTV)، التي تنتقل بحشرات المن بالطريقة نصف المثابرة، والفيروسات المرافقة لالتفاف أوراق الكرمة Grapevine leafroll –associated viruses التي تنتقل بالبق الدقيقي.

2- الجـنس *Crinivirus* : تتـألف الجسـيمات الفيروسـية مـن جـزأين (2ssRNA) ، طولهمـا 700 – 900 نـانومتراً، و 650 – 850 نـانومتراً، وعرضـهما 12 نـانومتراً. ويضـم هـذا الجـنس فيـروس الاصـفرار المعـدي فـي الخـس Lettuce infectious yellows virus، وفيروسات أخرى تنتقل بالذبابة البيضاء.

الفيروسـات الكرويـة متسـاوية الأبعـاد ذات RNA وحيـد السلسـلة `Isometric (ssRNA) viruses

الجسـيمات الفيروسـية كرويـة متسـاوية الأبعـاد (20 – 35 نـانومتراً)، وتحتـوي علـى الحمض النـووي ssRNA . تمتـاز المجموعـة الأولـى من هذه الفيروسـات بوجـود كامل الجينـوم فـي فيريـون واحـد كـروي متسـاوي الأبعـاد، وتشـمل هـذه المجموعـة الفصـائل Sequiviridae و Tombusviridae و Luteoviridae والعديـد مـن الأجنـاس غيـر المصـنفة فـي فصـائل. والمجموعـة الثانيـة تضـم الفصـيلة Comoviridae، حيـث يقسـم الجينـوم الفيروسـي إلـى قسـمين، يوجـد كـل منهمـا فـي فيريـون كـروي مختلـف. أمـا فـي المجموعـة الثالثـة مـن هـذه الفيروسـات، التـي تضـم الفصـيلة Bromoviridae، فيتـألف الجينوم من ثلاث جزيئات ssRNA، توجد في فيريونات كروية من ثلاثة أحجام مختلفة. وأخيـراً، تملـك بعـض الأجنـاس فـي الفصـيلة Bromoviridae مثـل *Ilavirus* و *Alphamovirus* و *Oleavirus* فيريونـات مختلفـة فـي الشـكل والحجـم مـن كرويـة متساوية الأبعاد إلى عصوية Bacilliform.

الفصـيلة Sequiviridae : تتـألف الجسـيمات الفيروسـية مـن جزيئـة واحـدة كرويـة متساوية الأبعاد، ومن أجناسها:

1- الجـنس *Sequivirus* : النـوع الممثـل فيـروس التبقـع الأصـفر علـى الجـزر الأبـيض Parsnip yellow fleck virus.

2- الجنس *Waikavirus*: تسميته مشتقة من الفيروس Rice waika (stunting) virus ويضم أيضاً فيروس تونغرو الكروي في الرز Rice tungro spherical virus . تصيب فيروسات هذا الجنس بعض أنواع محاصيل الحبوب والأعشاب فقط. وتنتقل إما بنطاطات الأوراق، أو بحشرات المن بالطريقة نصف المثابرة.

الفصيلة Tombusviridae : تضم هذه الفصيلة ثمانية أجناس. الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد (32 – 35 نانومتراً)، وتحتوي على نوع واحد من ssRNA+. تمتاز معظم هذه الفيروسات بثباتية عالية جداً، إذ يمكن أن تحافظ على حيويتها على سطح الماء أو في التربة، ومنها تنتقل لتصيب النباتات دون الحاجة لناقل. ومن أهم أجناسها:

1- الجنس *Tombusvirus*: تسميته مشتقة من فيروس التقزم الشجيري في البندورة Tomato bushy stunt virus. معظم هذه الفيروسات محمولة بالتربة، وينتقل بعضها بالفطر الكيتريدي *Olpidium*.

2- الجنس *Aureusvirus*: النوع الممثل له Pothos latent virus.

3- الجنس *Avenavirus* : النوع الممثل له فيروس تقزم وشحوب الشوفان Oat chlorotic stunt virus.

4- الجنس *Carmovirus* : تسميته مشتقة من فيروس تبرقش القرنفل Carnation mottle virus .

5- الجنس *Dianthovirus* : تسميته مشتقة من فيروس التبقع الحلقي في القرنفل Carnation (=*Dianthus*) ring spot virus.

6- الجنس *Machlomovirus* : النوع الممثل لهذا الجنس فيروس التبرقش الشاحب للذرة Maize chlorotic mottle virus. يصيب النجيليات فقط، وينتقل بالبذور، ومن المحتمل أيضاً انتقاله بواسطة الخنافس والتربس.

7- الجنس *Necrovirus* : تسميته مشتقة من فيروس تنكرز التبغ Tobacco necrosis virus A. له مجال مضيفي واسع من النباتات أحادية وثنائية الفلقة، ويصيب بشكل عام الجذور، وينتقل بالفطر *Olpidium* .

8- الجنس *Panicovirus*: تسميته مشتقة من الفيروس Panicum mosaic virus . يصيب فقط النجيليات، وينتقل بشكل أساسي بالملامسة.

الفصيلة Luteoviridae : تسمية هذه الفصيلة مشتقة من الكلمة اللاتينية *Luteus*، والتي تعني أصفر Yellow. تضم حوالي 30 فيروساً تصيب النباتات، وتسبب لها درجات مختلفة من أعراض الاصفرار. ومن أجناسها:

1 – الجنس *Luteovirus*: النوع الممثل لهذا الجنس فيروس تقزم واصفرار الشعير Barley yellow dwarf virus، ويصيب فقط النباتات النجيلية. ويقتصر وجود فيروسات هذا الجنس على خلايا اللحاء للنباتات المضيفة، وتوجد بتراكيز منخفضة جداً، ولاتنتقل بالعدوى الميكانيكية. تنتقل بحشرات المن بالطريقة الدورانية، ولا تتكاثر في جسم الحشرة.

2- الجنس *Polerovirus* : تسميته مشتقة من فيروس التفاف أوراق البطاطا Potato leaf roll virus. بعض فيروسات هذا الجنس تصيب نباتات ثنائية الفلقة، وبعضها الآخر يصيب نباتات إحادية الفلقة. ومن الفيروسات الهامة جداً في هذا الجنس أيضاً فيروس الاصفرار الغربي في الشوندر Beet western yellows virus.

3- الجنس *Enamovirus*: تسميته مشتقة من فيروس موزاييك زوائد البازلاء Pea enation mosaic virus. ويتسبب هذا المرض (موزاييك زوائد البازلاء) عن معقد

من الفيروس PEMV-1 من الجنس *Enamovirus*، والفيروس PEMV-2 من الجنس *Umbravirus*. ويتكون غلاف كلا الفيروسين من نفس تحت الوحدات البروتينية التي يشفرها RNA الفيروس PEMV-1. تنتقل فيروسات هذا الجنس ميكانيكياً، وبواسطة حشرات المن.

الفصيلة Comoviridae : تضم هذه الفصيلة ثلاثة أجناس *Comovirus* و *Fabavirus* و *Nepovirus*. الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد (حوالي 30 نانومتراً). ويتألف الجينوم الفيروسي من جزيئتي +ssRNA ، توجد كل منهما في جسيم فيروسي كروي منفصل ومماثل للجسيم الآخر.

1 – الجنس *Comovirus* : تسميته مشتقة من فيروس موزاييك اللوبياء Cowpea mosaic virus. تصيب فيروسات هذا الجنس البقوليات (الفاصولياء واللوبياء و البازلاء و فول الصويا) بشكل أساسي، وعدد قليل من المضيفات الأخرى مثل الكوسا (Squash mosaic virus)، والفجل (Radish mosaic virus). وتسبب أعراض موزاييك وتقزم وتشوه بدرجات مختلفة. وتشكل فيروسات هذا الجنس أجساماً ضمنية بللورية في سيتوبلاسم الخلايا المصابة. وتنتقل هذه الفيروسات بسهولة بالعدوى الميكانيكية، وتنتقل في الحقل بواسطة الخنافس التي تتغذى على الأوراق. كما تنتقل أيضاً بنسبة ضعيفة بالبذور.

2 – الجنس *Nepovirus*: يضم أكثر من 30 فيروساً. يصيب كل منها العديد من النباتات الحولية والمعمرة والأشجار. تبدي النباتات المصابة بهذه الفيروسات غالباً أعراض شديدة في بداية الربيع، ولكن في مرحلة متأخرة من موسم النمو تظهر النباتات المصابة شفاءً جزئياً، إذ إن الأعراض تصبح قليلة الوضوح أو تختفي نهائياً. ومن فيروسات هذا الجنس الأكثر أهمية فيروس التبقع الحلقي في البندورة Tomato ring spot virus، وفيروس التبقع الحلقي على التبغ Tobacco ring spot virus، وفيروس التفاف أوراق الكرز Cherry leaf roll virus، وفيروس الورقة المروحية في الكرمة

Grapevine fanleaf virus، وفيروس التبقع الحلقي على توت العليق Raspberry ring spot virus.

تنتقل هذه الفيروسات من نبات إلى آخر بواسطة النيماتودا من الأجناس *Longidorus* و *Paralongidorus* و *Xiphinema*. حيث تكتسب النيماتودا الفيروس بعد التغذية على النباتات المصابة لعدة ساعات، وتبقى قادرة على نقله لعدة أشهر. وتنتقل معظم فيروسات هذا الجنس أيضاً بنسب مختلفة ببذور النباتات المصابة، كما ينتقل العديد منها بحبوب الطلع.

3- الجنس *Fabavirus* : النوع الممثل لهذا الجنس فيروس ذبول الفول Broad bean wilt virus.

الفصيلة Bromoviridae: تضم هذه الفصيلة خمسة أجناس فيروسية. الجسيمات الفيروسية للأجناس *Bromovirus* و *Cucumovirus* و *Ilarvirus* كروية متساوية الأبعاد (26 – 35 نانومتراً). ويتوزع الـ ssRNA الجينومي في ثلاث جزيئات، حيث تحتوي إحداها على ssRNA1، والثانية على ssRNA2، أما الثالثة فتحتوي على جزيئتي RNA معاً (ssRNA3 و ssRNA4 تحت جينومي). أما الفيروسات التابعة للجنسين *Alfamovirus* و *Oleavirus* (وأحياناً *Ilarvirus*)، فيتألف كل منها من أربع جسيمات، قطرها 18 نانومتراً، ولكنها تأخذ غالباً الشكل العصوي الجرثومي Bacilliform، إذ يتراوح طولها بين 30 و 57 نانومتراً. تحتوي ثلاث من هذه الجسيمات الأربع على نسخة واحدة من الـ RNA (ssRNA1 أو ssRNA2 أو ssRNA3)، بينما يحتوي الجسيم الرابع على نسختين من ssRNA4.

1- الجنس *Cucumovirus*: تسميته مشتقة من فيروس موزاييك الخيار Cucumber mosaic virus (CMV). ومعظم فيروسات هذا الجنس لها مجال مضيفي ضيق من نباتات العائلتين البقولية والباذنجانية، ولكن فيروس موزاييك الخيار (CMV) له مجال مضيفي واسع جداً. ومن فيروسات هذه المجموعة أيضاً Tomato aspermy virus

(TAV)، و Peanut stunt virus (PSV). تنتقل هذه الفيروسات بواسطة العديد من أنواع المن بالطريقة غير المثابرة. وتنتقل أيضاً، بنسب مختلفة ولكنها ضعيفة نسبياً، ببذور النباتات المصابة لبعض المضيفات. كما أنها تنتقل ميكانيكياً بسهولة.

2- الجنس *Bromovirus* : تسميته مشتقة من فيروس موزاييك الشويعرة Brome mosaic virus. تنتقل هذه الفيروسات ميكانيكياً، وينتقل بعضها أيضاً بواسطة الخنافس.

3- الجنس *Ilarvirus*: تسمية هذا الجنس مشتقة من وصفها بفيروسات التبقع الحلقي الكروية المتساوية الأبعاد "Isometric labile ring spot viruses" ، علماً أن الجسيمات الفيروسية ليست كروية تماماً، والعديد منها يسبب أعراضاً غير التبقع الحلقي. والنوع الممثل لهذا الجنس فيروس تخطط التبغ Tobacco streak virus. وهناك أكثر من 16 فيروساً تصيب بشكل أساسي الأشجار مثل التفاح (Apple mosaic virus)، واللوزيات (Prunus necrotic ring spot virus ، و Prunus dwarf virus)، والحمضيات (Citrus leaf rugose virus و Citrus variegation virus)، كما تصيب الأشجار الحراجية مثل الدردار.

تأخذ الجسيمات الفيروسية أشكالاً مختلفة حتى ضمن نفس الفيروس، حيث يأخذ بعضها الشكل الكروي بأقطار تتراوح بين 20 و 32 نانومتراً، بينما يأخذ بعضها الآخر الشكل المستطيل. في بعض الفيروسات، تكون بعض الجسيمات كروية، بينما تكون الجسيمات الأخرى عصوية تشبه الجراثيم Bacilliform بأطوال مختلفة تصل حتى 75 نانومتراً.

لا يعرف لفيروسات هذا الجنس ناقل حيوي، ولكن بالإضافة لانتقالها بواسطة أعضاء التكاثر الخضري وبالبذور، فإن العديد منها ينتقل بحبوب الطلع.

4- الجنس *Alfamovirus*: سمي هذا الجنس نسبة إلى فيروس موزاييك الفصة Alfalfa mosaic virus. تنتقل هذه الفيروسات بالعديد من أنواع المن بالطريقة غير المثابرة.

5- الجنس *Oleavirus*: النوع الممثل لهذا الجنس Olive latent virus2 .

ثانياً: فيروسات كروية متساوية الأبعاد ذات حمض نووي RNA ثنائي السلسلة (dsRNA)

الفصيلة Reoviridae: تضم هذه الفصيلة فيروسات تصيب الإنسان والحيوانات والحشرات والنباتات. وهذه التسمية مشتقة من الفيروس " Respiratory enteric orphan virus ".

تتبع الفيروسات النباتية في هذه الفصيلة إلى ثلاثة أجناس: *Phytoreovirus* و *Fijivirus* و *Oryzavirus* . وتسبب كل هذه الفيروسات، باستثناء الفيروس Rice dwarf virus، تدرنات وأوراماً على مضيفاتها النباتية. وتنتقل من نبات إلى آخر بواسطة نطاطات الأوراق ونطاطات النباتات بالطريقة المثابرة التكاثرية. وتستطيع فيروسات الجنس *Phytoreovirus* فقط الانتقال إلى الأجيال الجديدة بواسطة البيض.

الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد يتراوح قطرها من 65 إلى 70 نانومتراً، ويتألف الجينوم الفيروسي من 12 قطعة من dsRNA عند الجنس *Phytoreovirus*، و10 قطع من dsRNA في الجنسين *Fijivirus* و *Oryzavirus*.

1- الجنس *Phytoreovirus* : يضم فيروس تدرن الجروح Wound tumor virus الذي يسبب تدرنات عندما يكون النبات مجروحاً، وفيروس تقزم الرز Rice dwarf virus، وفيروس تقزم وتدرن الرز Rice gall dwarf virus .

2 – الجنس *Fijivirus*: ومن أمثلة فيروسات هذا الجنس Rice black-streaked dwarf virus، و Maize rough dwarf virus .

3- الجنس *Oryzavirus* : الفيروس الممثل لهذا الجنس Rice ragged stunt virus .

الفصيلة Partitiviridae : تتألف الجسيمات الفيروسية من جزأين. تضم هذه الفصيلة أجناساً تصيب النباتات: *Alphacryptovirus* (White clover crypto. virus1) و

Betacryptovirus (White clover crypto. virus 2)، و *Varicosavirus* (Lettuce big-vein virus)، بينما يصيب الجنسان *Partitivirus* و *Chrysovirus* الفطريـات، بمـا فيهـا العديـد مـن الفطريـات الممرضـة للنباتـات مثـل *Penicillium* و*Rhizoctonia* و *Gaeumannomyces* و *Helminthosporium*.

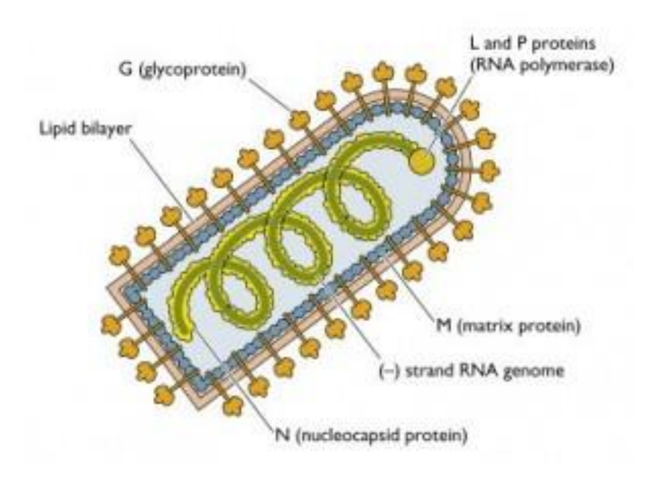
ثالثاً: فيروسات ذات حمض نووي RNA وحيد السلسلة وسالب ($ssRNA^-$)

تنتمـي الفيروسـات النباتيـة فـي هـذه المجموعـة إلـى فصـيلتين: Rhabdoviridae و Bunyaviridae، وتضمان أيضاً فيروسات تصيب الإنسان والحيوانات، ومنها ما ينتمـي إلـى الجنسـين *Tenuivirus* و *Ophiovirus* اللـذين لـم يصـنفا فـي فصـيلة. تحمـل كـل فيروسـات هـذه المجموعـة فـي جسـيماتها إنـزيم نسـخ (RNA-dependent RNA polymerase) الذي يقوم بنسخ ssRNA(-) إلى ssRNA(+) تتم ترجمته.

الفصيلة Rhabdoviridae : التسـمية مشـتقة مـن الكلمـة اليونانيـة *Rhabdos*، التـي تعنـي عصـوي. إذ إن الجسـيمات الفيروسـية عصـوية شـبيهة بـالجراثيم Bacilliform، يتـراوح طولهـا بـين 200 و 500 نـانومتراً، وقطرهـا مـن 50 – 95 نـانومتراً. يحـاط كـل جسيم بغـلاف مكـون مـن نـوعين مـن البروتينـات (M1 و M2)، الـذي يحمـل العديـد مـن الزوائد المرتبـة بانتظـام، وهـي عبـارة عن غليكوبروتينـات (الشـكل 1-27). وبـداخل هـذا الغلاف، تحتوي فيروسـات هذه الفصيلة على بروتين نـووي مكـون مـن الغـلاف البروتينـي والحمض النووي ssRNA(-) ذي الشكل الحلزوني، الذي يرتبط بنـوعين من البروتينـات النووية التي تلعب دور إنزيم النسخ الفيروسي، حيث يقوم بنسخ RNA الفيروسي السـالب إلى RNA موجب قابل للترجمة.

تنتقل معظـم فيروسـات هذه الفصيلة بنطاطـات الأوراق أو بنطاطـات النبـات أو بحشـرات المـن بالطريقـة الدورانيـة التكاثريـة. وقـد أشـير لانتقـال عـدد قليـل منهـا بحشـرات البـق

المبرقش أو بالحلم، ولكن ذلك بحاجة أيضاً للتأكيد. كما تنتقل هذه الفيروسات أيضاً بنسبة ضعيفة من خلال البيض إلى النسل الجديد.

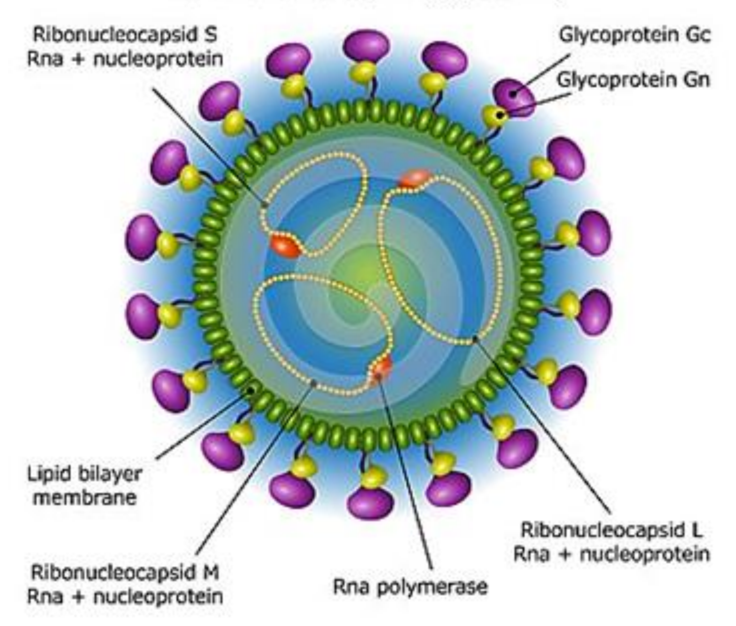


الشكل 1-27: تركيب فيروسات الفصيلة Rhabdoviridae [الفيروس Vesicular stomatitis virus (VSV)]. إذ يلاحظ أن هذا الغلاف البروتيني الخارجي محاط أيضاً بطبقتين من اللبيدات.

1 - الجنس *Cytorhabdovirus*: ومثالها فيروس اصفرار وتنكرز الخس Lettuce necrotic yellows virus (LNYV) . ويتشكل غلاف الجسيمات الفيروسية من الغشاء النووي الخارجي الذي هو امتداد للشبكة السيتوبلاسمية الداخلية، وتتراكم الجسيمات الفيروسية في حويصلات السيتوبلاسم.

2- الجنس *Nucleorhabdovirus:* ومثالها فيروس تقزم واصفرار البطاطا Potato yellow dwarf virus (PYDV). يتشكل الغلاف من الغشاء النووي الداخلي، وتتراكم الجسيمات الفيروسية في محيط الغشاء النووي.

الفصـيلة Bunyaviridae: تسـمية هـذه الفصـيلة مشـتقة مـن أول فيـروس فـي هـذه المجموعة تم عزلـه فـي أوغندا (Bunyamwera virus). الجسيمات الفيروسية كرويـة مغلفـة، ويتـألف الجينـوم الفيروسـي من ثـلاث قطـع من الـ ssRNA (-) (الشكل 1-28). وتضم هذه الفصيلة العديد من الفيروسات التي تصيب الإنسان والحيوانات والنباتات.



الشكل 1-28: تركيب الفيريونات عند فيروسات الفصيلة Bunyaviridae .

الجنس *Tospovirus* : تسميته مشتقة من فيروس الذبول التبقعي في البنـدورة Tomato spotted wilt virus (TSWV). الجسيمات الفيروسية كرويـة مغلفـة، قطرها حوالي 80 – 110 نانومتراً، ويحتوي كل جسيم على ثلاث قطع من ssRNA. ولفيروسات هذا الجنس مجال مضيفي واسع، إذ تصيب أكثر من 500 نـوع من نباتـات الزينـة والخضـار والأشـجار المثمـرة، وغيرهـا مـن النباتـات الحوليـة والمعمـرة، التـي تنتمـي لأكثـر مـن 50 فصيلة نباتية، وتعد الفصائل الباذنجانية والمركبة والبقولية بشكل خاص قابلة للإصابة.

تنتقل فيروسات هذا الجنس بسبعة أنواع على الأقل من حشرات التربس، ومن أهمها تربس الأزهار الغربي *Frankliniella occidentalis*، وتربس التبغ *F. fusca*، وتربس البصل *Thrips tabaci*، وتربس البطيخ الأصفر *T. palmi*.

فيروسات ذات ssRNA (-) وغير مصنّفة في فصائل

1- الجنس *Tenuivirus*: تسمية هذا الجنس تعني "فيروسات خيطية رفيعة" . إذ إن الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة ورفيعة، تتراوح أقطارها من 3 إلى 12 نانومتراً، وتأخذ أطوالاً مختلفة. ويتوزع الجينوم الفيروسي في أربع جسيمات مختلفة الأطوال. فعلى سبيل المثال، تتراوح أطوال الجسيمات الأربع لفيروس تخطط الذرة (RSV) من 290 إلى 2100 نانومتراً.

وتسبب هذه الفيروسات أمراضاً خطيرة على النباتات النجيلية، وبشكل خاص الرز والذرة، ومن هذه الفيروسات: فيروس تخطط الرز Rice stripe virus، وفيروس تخطط الذرة Maize stripe virus.

تنتقل كل فيروسات هذا الجنس بنوع أو أكثر من نطاطات النبات بالطريقة التكاثرية. وتنتقل كل هذه الفيروسات، باستثناء الفيروس Rice grassy stunt virus، بنسبة 30 – 100 % إلى نسل الحشرة الناقلة.

2 - الجنس *Ophiovirus* : ومن أمثلته فيروس قوباء الحمضيات Citrus psorosis virus. ولا يعرف لهذه الفيروسات ناقل حيوي.

رابعاً: فيروسات ذات حمض نووي DNA ثنائي السلسلة (dsDNA)

تضم هذه المجموعة فصيلة واحدة (Caulimoviridae) من الفيروسات ذات الحمض النووي DNA ثنائي السلسلة. تتضاعف هذه الفيروسات عن طريق الاستنساخ العكسي،

حيث يتم تشكيل RNA، الذي يقوم بدور RNA رسول لتصنيع البروتينات، وكقالب من أجل الاستنساخ العكسي للـ DNA الفيروسي.

1- الجنس *Caulimovirus*: تسميته مشتقة من فيروس موزاييك القرنبيط Cauliflower mosaic virus. الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد، قطرها حوالي 50 نانومتراً. وتنتقل هذه الفيروسات في الطبيعة بالعديد من أنواع المن بالطريقة غير المثابرة. ومن الفيروسات الهامة في هذا الجنس Dahlia mosaic virus، و Carnation etched ring virus .

2 – الجنس *Badnavirus* : أعطيت التسمية لهذه الفيروسات كونها عصوية شبيهة بالجراثيم من الجنس *Bacillus* وذات حمض نووي DNA (Bacilliform DNA viruses)، والجسيمات الفيروسية غير مغلّفة. ومن الفيروسات الهامة في هذا الجنس: Rice tungro bacilliform virus (RTBV)، و Banana streak virus (BSV).

خامساً: فيروسات ذات حمض نووي DNA وحيد السلسلة (ssDNA)

تنتمي معظم الفيروسات النباتية في هذه المجموعة للفصيلة Geminiviridae ، والقليل منها يتبع للعائلة Circoviridae. الجسيمات الفيروسية في كلتي الفصيلتين كروية متساوية الأبعاد، وتحتوي على حمض نووي ssDNA حلقي.

الفصيلة Geminiviridae: تتالف كل هذه الفيروسات من زوج (Geminate) من الجسيمات الكروية متساوية الأبعاد، الملتصقة ببعضها بشكل جزئي في أزواج. وتضم هذه الفصيلة أربعة أجناس:

1 – الجنس *Curtovirus*: تسميته مشتقة من النوع الممثل لهذا الجنس " فيروس تجعد قمة الشوندر Beet curly top virus ". يتألف الجينوم الفيروسي من جسيمة مفردة

ssDNA حلقيـة. وتنتقل هـذه الفيروسـات بواسـطة نطاطـات الأوراق بالطريقـة الدورانيـة غير التكاثرية.

2- الجنس *Mastrevirus* : تسميته مشتقة من فيروس تخطط الذرة Maize streak virus. يتـألف الجينـوم الفيروسـي مـن جزيئـة مفـردة ssDNA. تصـيب فيروسـات هـذا الجـنس نباتـات أحاديـة الفلقـة (النجيليـات)، باسـتثناء فيروسـات تقـزم واصـفرار التبـغ والفاصولياء Bean and tobacco yellow dwarf viruses. وتنتقل هذه الفيروسـات بنطاطات الأوراق بالطريقة الدورانية غير التكاثرية.

3- الجـنس *Begomovirus* : تسـميته مشـتقة مـن النـوع الممثـل لهـذا الجـنس "فيـروس الموزاييك الـذهبي فـي الفاصـولياء Bean golden mosaic virus " . يتـألف جينـوم معظم هذه الفيروسات من جزيئتين حلقيتين ssDNA (DNA A or 1 أو DNA B or 2). تصيب هذه الفيروسات نباتات ثنائية الفلقة فقط، ومن أمثلتها فيـروس تبـرقش البنـدورة Tomato mottle virus، وفيـروس تجعـد واصـفرار أوراق البنـدورة Tomato yellow leaf curl virus ، وفيروس تجعـد أوراق الكوسـا Squash leaf curl virus، وفيروس تجعد أوراق التبـغ Tobacco leaf curl virus . وتنتقل فيروسـات هذا الجنس بالذبابة البيضـاء.

4- الجنس *Topocuvirus* : تسميته مشتقة من النوع الممثل لهذا الجنس " فيـروس تجعـد القمة الكـاذب فـي البنـدورة Tomato pseudocurly top virus " . الجينـوم الفيروسـي مماثل لجينوم فيروسـات الجنس *Curtovirus*، إلا أنهـا تنتقل بنطاطـات الأشـجار Tree hoppers أكثر من نطاطات الأوراق.

الفصيلة Circoviridae: فيريونـات فيروسـات هـذه الفصـيلة مفـردة، بعكـس فيروسـات الفصيلة Geminiviridae. الجسيمات الفيروسية كروية متسـاوية الأبعـاد، وتحتـوي علـى حمض نووي ssDNA حلقي.

الجنس *Nanovirus*: تسمية هذه الفيروسات مشتقة من كونها صغيرة (*nanos* = *dwarf*)، إذ إن الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد، وصغيرة (حوالي 18 – 22 نانومتراً)، ويتألف الجينوم الفيروسي من العديد من قطع ssDNA الحلقية (على الأقل ستة، وقد تصل في بعض الفيروسات إلى 11). تنتقل بعض فيروسات هذا الجنس، مثل فيروس تحزّم القمة في الموز Banana bunchy top virus (BBTV)، بواسطة حشرات المن بالطريقة المثابرة. بينما تنتقل فيروسات أخرى، مثل فيروس التحلل الورقي في جوز الهند Coconut foliar decay virus (CFDV)، بواسطة نطاطات النبات.

الفصل الخامس

إدارة أمراض النبات الفيروسية

Management of plant virus diseases

الحصول على أجزاء خضرية خالية من الفيروسات:

ينتقل العديد من الفيروسات بأعضاء التكاثر الخضري كالعقل والدرنات والأبصال والطعوم، ولذلك من المهم جداً لاستبعاد الأمراض الفيروسية الحصول على مادة نباتية خالية من الفيروسات، وهناك العديد من الطرائق المعتمدة حالياً لهذه الغاية:

1- المعاملة بالحرارة Thermo-therapy (heat treatment)

يعتمد مبدأ المعاملة الحرارية على كون معظم الفيروسات تقتل عند درجة حرارة أقل بكثير من تلك التي تؤثر في النبات المضيف. وهذه المعاملة فعّالة غالباً ضد الفيروسات الكروية Isometric والخيطية. وتتم المعاملة الحرارية للنبات بالكامل أو لأجزاء منه (أعضاء التكاثر الخضري والبذور) إما بالماء الساخن عند 35 – 54 °س، أو بالهواء الساخن عند 35 – 40 °س لعدة دقائق أو عدة ساعات، وقد تكون المعاملة لفترة طويلة تصل حتى عدة أسابيع، وذلك تبعاً لخصائص الفيروس والنبات أو الجزء النباتي المعامل.

وغالباً ما يتم الجمع بين المعاملة بالحرارة وزرع القمم المرستيمية للحصول على نباتات خالية من الفيروسات بشكل عام، حيث تؤخذ القمم الخضرية من نباتات معاملة بالحرارة.

وقد استخدمت المعاملة بالحرارة للتخلص من العديد من الفيروسات مثل فيروس التفاف أوراق الكرمة Grapevine leaf roll virus (GLRV)، وفيروس تريستيزا الحمضيات Citrus tristeza virus (CTV)، وفيروس البطاطا X Potato virus *X* (PVX).

2- المعاملة بالبرودة Cryo-therapy

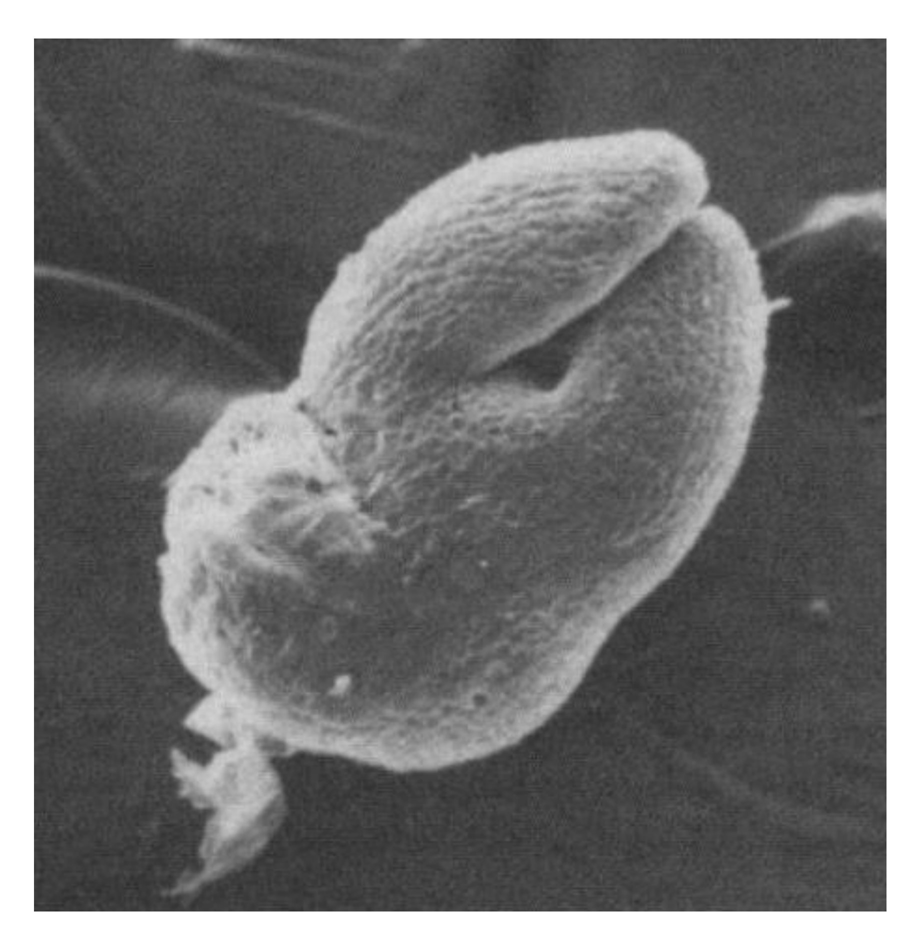
لقد تبين أن تعريض زرعات القمم المرستيمية لفترة طويلة لدرجة حرارة منخفضة (5 °س) أعطى نتائج مشجعة في التخلص من العديد من الفيروسات، وهذه المعاملة تدعى Cryo-therapy. فعلى سبيل المثال، في حالة الأقحوان *Chrysanthemum*، تبين أن تعريض زرعات القمم الخضرية لمدة 4 شهور لدرجة حرارة (5°س) أدى إلى الحصول على 67 % من النباتات الخالية من فيروس تقزم الأقحوان Chrysanthemum stunt virus (CSV)، كما أن 22 % من النباتات كانت خالية من فيروس تبرقش وشحوب الأقحوان Chrysanthemum chlorotic mottle virus (CCMV). وقد ازدادت نسبة النباتات الخالية من الفيروسات حتى 73 % في حالة الفيروس CSV، وحتى 49 % في حالة الفيروس CCMV بعد تعريضها لدرجة 5°س لمدة سبعة أشهر ونصف.

وتعد طريقة المعاملة بالبرودة أفضل من المعاملة بالحرارة، فهي أقل ضرراً بالنباتات المعاملة، وغالباً ما تكون أكثر فاعلية في التخلص من الفيروسات.

3- زرع القمة المرستيمية Meristem tip culture :

يعتمد مبدأ هذه الطريقة على أن منطقة الخلايا القمية بطول 80 – 100 ميكروناً تكون عادة خالية من الفيروسات، إذ تزرع هذه الخلايا في الزجاج *In vitro* على أوساط مغذية صنعية، حتى تنمو إلى نبات كامل، يمكن أن تنقل بعدها وتزرع في الظروف الطبيعية لتستخدم كنواة أو أمهات لإنتاج نباتات خالية من الفيروسات. وبشكل عام، كلما كان طول هذه القمم الميرستيمية المستخدمة في زراعة الأنسجة أصغر، كانت نسبة النباتات الخالية من الفيروسات المتحصل عليها أكبر. ويمكن باستخدام المعاملة الحرارية للنباتات زيادة حجم القمم النامية الخالية من الفيروسات إلى 200 ميكرون، وقد تصل أحياناً إلى 500 ميكرون. كما يمكن زيادة فاعلية هذه الطريقة في التخلص من الفيروسات عن طريق إضافة مواد مثبطة لتضاعف الفيروسات إلى وسط الزرع، ومن هذه المواد

Ribavarin والمعروفـة أيضـاً باسـم Virazole. وتجـدر الإشـارة هنـا إلـى أن زيـادة التركيز، وزيادة طول فترة التحضين بوجود هذه المركبات في الوسط، يزيد من فرصة الحصول على نسبة عالية من النباتات الخالية من الفيروسات، ولكنها تبطئ النمو وتسبب سمية نباتية عند التراكيز العالية.



الشكل 1-29: قمة مرستيمية مأخوذة من برعم إبطي في البطاطا *Solanum tuberosum*. ويلاحظ خروج زوج من الأوراق الأولية الصغيرة.

طول القمم المرستيمية (مم)	عدد القمم المرستيمية المزروعة في الزجاج	عدد النباتات المزروعة في التربة	نسبة النباتات الخالية من الفيروسات (%)
0.6 >	90	18	100
0.6 – 1.2	113	45	42
1.3 – 1.8	190	102	25
1.9 – 2.4	158	88	13
2.5 – 3.0	174	92	12

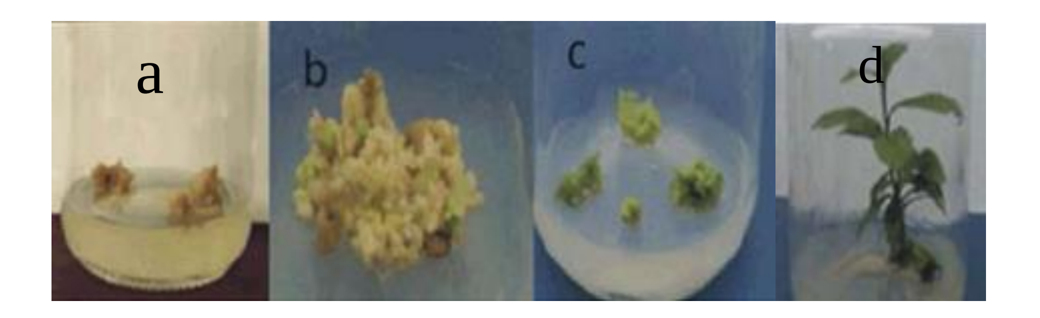
الجدول 1: العلاقة بين طول منطقة القمة الميرستيمية المستخدمة في زرع الأنسجة، وفاعلية هذه الطريقة في التخلص من فيروس موزاييك البرسيم الأبيض White clover mosaic virus (WCMV) في البرسيم.

لقد استخدمت طريقة زرع القمم المرستيمية في الحصول على مواد نباتية خالية من الفيروسات للعديد من المحاصيل ونباتات الزينة والأشجار المثمرة، مثل البطاطا والفريز والقرنفل والبرسيم والكرمة والحمضيات والتفاح وغيرها.

4- تكوين الأجنة الخضرية Somatic embryogenesis

يقصد بهذه العملية تمايز خلايا نباتية إلى أجنة خضرية Somatic embryos عن طريق زرع الأنسجة. وهي من الطرائق المستخدمة أيضاً بنجاح لإنتاج أجزاء خضرية خالية من الفيروسات. فقد تم الحصول على غراس حمضيات خالية من فيروس قوباء الحمضيات Citrus psorosis virus (CPsV)، وفيروس تريستيزا الحمضيات Citrus tristeza virus (CTV)، وCitrus variegation virus (CVV) بتشكيل أجنة خضرية من زرع مياسم متحصل عليها من براعم زهرية مغلقة قبل التفتح مباشرة، على أوساط مغذية صنعية. كما تم تكوين أجنة خضرية من زرع بويضات متحصل عليها من براعم زهرية في الكرمة للتخلص من فيروس الورقة المروحية Grapevine

والفيروسات المرافقة لالتفاف أوراق الكرمة Grapevine fan leaf virus (GFLV)، leaf roll associated viruses (GLRaV).



الشكل 1-30: مراحل تشكل وتطور الأجنة الخضرية في الحمضيات. (a) تكوين الكالوس Callus بعد شهر من زرع المياسم على الوسط المغذي. (b) تشكل الأجنة الخضرية Somatic embryogenesis بعد ثلاثة أشهر. (C) الأجنة الخضرية في مرحلة الأوراق الفلقية على وسط الإنبات. (d) نباتات متشكلة من تطور الأجنة الخضرية بعد ثلاثة أشهر على وسط الإنبات.

المعاملات الزراعية وبعض الاحتياطات الواجب القيام بها:

إن تطبيق بعض المعاملات الزراعية المناسبة قد يساعد على الهروب من الإصابة ببعض الأمراض الفيروسية، كاختيار مواعيد زراعة مناسبة، وخاصة في حال وجود مواعيد محددة لطيران الحشرات الناقلة. ومن الإجراءات الزراعية المتخذة أيضاً في الكثير من الدول المنتجة لبذار البطاطا حش المجموع الخضري قبل عشرة أيام من قلع الدرنات لتجنب انتقال الفيروسات من المجموع الخضري في حال كونه مصاباً إلى الدرنات. وارتداء قفازات مناسبة عند القيام بالعمليات الزراعية المختلفة، وتغييرها بشكل مستمر لتفادي انتقال الفيروسات ميكانيكياً من النباتات المصابة إلى السليمة. ويوصى أيضاً بتطهير الأدوات الزراعية باستمرار، ومن المواد المستخدمة لهذه الغاية Quaternary ammonium و Chlorohexidine و Sodium hypochlorite.

التخلص من مصادر العدوى:

تعد الأعشاب البرية مستودعات طبيعية للعديد من الفيروسات، وبالتالي فهي تسهم بشكل أساسي في نقل هذه الفيروسات من موسم إلى آخر. كما أنها تأوي الحشرات الناقلة للفيروسات في غياب المحصول الاقتصادي. لذلك فإن التخلص من هذه الأعشاب وخاصة على أطراف الحقول والبساتين يمكن أن يسهم أيضاً في الحد من انتشار الفيروسات.

كما أن التخلص من مخلفات المحاصيل أمر ضروري للوقاية من الإصابة بالكثير من أمراض النبات المختلفة سواء كانت فطرية أو بكتيرية أو فيروسية، فهناك العديد من الفيروسات القادرة على البقاء لفترة طويلة في مخلفات المحاصيل المصابة، فمثلاً يستطيع فيروس موزاييك التبغ Tobacco mosaic virus (TMV) البقاء لمدة 10 سنوات على الأوراق الجافة.

ومن المفيد مراقبة الحقول بشكل دائم والتخلص من النباتات التي تبدي أعراض إصابة فيروسية نموذجية مثل الموزاييك والتبرقش والبقع الحلقية والتقزم والتفاف الأوراق، لتفادي انتقال الفيروسات من النباتات المصابة إلى النباتات السليمة.

كما يعد انتقال الفيروسات بالبذور من طرائق الانتشار المهمّة والخطيرة، التي يمكن أن تعمل على نقل الفيروسات لمسافات بعيدة، لذلك من المهم أن تؤخذ البذور المعدة للزراعة من مصادر موثوقة ومرفقة بشهادة صحية تثبت خلوها من الفيروسات، أو من حقول مراقبة بدقة ومثبت خلوها من الإصابة.

مكافحة النواقل الحيوية:

ينتقل العديد من الفيروسات بواسطة الحشرات، والبعض منها ينتقل بالفطريات أو بالنيماتودا. لذلك فإن مكافحة الحشرات الناقلة يمكن أن يساعد في الحد من انتشار

الفيروسات التي تنتقل بالحشرات بالطريقة المثابرة، بينما في حالة الفيروسات التي تنتقل بالطريقة غير المثابرة، فإن الحشرة تستطيع غالباً نقل الفيروس قبل أن تتأثر بالمبيد الحشري، لأن فترة التغذية اللازمة لاكتساب الفيروس وكذلك لنقله تكون قصيرة تتراوح عادة من دقائق إلى عدة ساعات فقط.

كما أن مكافحة النيماتودا والفطريات الناقلة يمكن أن يساهم أيضاً في الحد من انتشار الفيروسات التي تنتقل بواسطتها.

الحماية المتصالبة بالسلالات الضعيفة Mild strain cross protection (MSCP)

الحماية المتصالبة هي ظاهرة طبيعية، تعرف أيضاً بظاهرة المناعة المكتسبة Acquired immunity، التي يتم من خلالها استحاثة تحمل أو مقاومة النبات لسلالة فيروسية معينة عن طريق إصابة جهازية بسلالة أخرى ضعيفة من نفس الفيروس. وأول من أشار إلى هذه الظاهرة McKinney عام 1929 عندما لاحظ أن نباتات التبغ المصابة جهازياً بسلالة الاخضرار الخفيف Light green strain من فيروس موزاييك التبغ Tobacco mosaic virus (TMV)، لم تبدِ أعراض اصفرار بعد العدوى الثانوية بسلالة الموزاييك الأصفر Yellow mosaic strain من الفيروس ذاته. وبالمقابل فإن سلالة الاخضرار الداكن الضعيفة Mild dark green strain لم تمنع ظهور أعراض الاصفرار عند الإصابة بالسلالة الأخرى، وهذا ما يشير إلى التخصصية بين السلالات في ظاهرة الحماية المتصالبة.

وفي عام 1933 بيّن Salaman أن سلالة غير شرسة من فيروس البطاطا Potato X virus *X* (PVX) أدت إلى حماية نباتات البطاطا من الإصابة بسلالة شرسة من نفس الفيروس.

ولكن أول مكافحة عملية لمرض فيروسي باستخدام السلالات الضعيفة كانت ضد فيروس تريستيزا الحمضيات (Citrus tristeza virus (CTV في عام 1951 .

وقد تم اقتراح العديد من الآليات التي تفسر الحماية المتصالبة والتخصصية بين سلالات نفس الفيروس، والتي يمكن أن تحدث إما في مرحلة التفاعل الأولي بين النباتات المصابة بالسلالة الضعيفة وبين السلالة الأخرى، وإما خلال مرحلة تضاعف السلالة الشرسة.

في مرحلة التفاعل الأولي، يمكن أن تمنع السلالة الشرسة من عملية التعرية (تخلص الحمض النووي من الغلاف البروتيني)، وبالتالي عدم بدء دورة التضاعف. وإذا بدأت مرحلة التضاعف، فهناك العديد من الآليات التي تسهم في التحكم بتضاعف السلالة الشرسة: 1- توقف عملية ترجمة الحمض النووي الفيروسي الجديد. 2- توقف عملية استنساخ الحمض النووي الفيروسي الجديد، حتى لو حدثت عملية الترجمة. 3- عدم إنتاج الجينوم الفيروسي الجديد بشكل كامل. وأخيراً، حتى لو تم تضاعف الفيروس، فيكون غير قادر على الانتقال من خلية إلى أخرى. ومع ذلك، فمن الصعب تفسير ظاهرة الحماية المتصالبة بواحدة من هذه الفرضيات، فقد تختلف الآلية التي تحدث فيها باختلاف المجموعة الفيروسية.

وعلى الرغم من استخدام الحماية المتصالبة لتفادي الضرر الاقتصادي المتسبب عن بعض الفيروسات مثل فيروس الورقة المروحية في الكرمة Grapevine fan leaf virus (GFLV)، وفيروس تقزم واصفرار الشعير Barley yellow dwarf virus (BYDV)، وفيروس التبقع الحلقي في الباباظ (Papaya ring spot virus (PRSV، إلا أن لاستخدام هذه الطريقة بعض المحاذير:

قد تشكل هذه النباتات مصدراً للعدوى لأنواع أو أصناف نباتية أخرى حساسة للسلالة الضعيفة. ويمكن أن تتحول السلالة الضعيفة إلى سلالة شرسة نتيجة حدوث طفرة معينة. كما يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار أن السلالة الضعيفة قد تؤدي إلى خفض في المحصول بنسبة تصل إلى 5 – 10 %. ومن المحتمل أيضاً أن تؤدي السلالة الضعيفة إلى زيادة

حساسية النباتات للإصابة بفيروسات أخرى مما يؤدي إلى زيادة نسبة الفقد في المحصول بشكل كبير.

الأصناف المقاومة Resistant varieties

إن التباين بمقاومة النباتات للفيروسات بدأ يلاحظ منذ عام 1946 عندما قام Francis Holmes ببعض المشاهدات المتعلقة بأنماط مقاومة النباتات للفيروسات، حيث قام باختبار ردود أفعال العديد من المضيفات النباتية إزاء العدوى بفيروس تنقر التبغ Tobacco etch virus (TEV) وفيروس موزاييك التبغ Tobacco mosaic virus (TMV)، وقد وجد أن العديد من الأنواع لم يبدِ أية أعراض ظاهرية واضحة تشير إلى تكاثر الفيروسات في الأوراق المعداة، بينما تمت ملاحظة ذلك على أنواع أخرى. كما لاحظ ضمن هذه المجموعة الأخيرة، أن الإصابة قد تصبح جهازية، أو أن تبقى موضعية. وقد لوحظ أيضاً أن نسبة الأنواع النباتية ضمن كل فئة تختلف تبعاً لنوع الفيروس.

وبعد أربعة عقود، أشار Zaitlin و Hull عام 1987 إلى أن مقاومة النباتات للفيروسات يمكن أن تحدث عند أربعة مستويات: تضاعف الفيروس، أو انتقال الفيروس من خلية إلى أخرى، أو انتقال الفيروس لمسافة طويلة داخل النبات (إصابة جهازية)، وأخيراً بقاء الإصابة الفيروسية محصورة في عدد محدود من الخلايا. وسوف نعرض فيما يلي الأنماط المختلفة لمقاومة النباتات للفيروسات.

أنماط المقاومة للفيروسات النباتية Types of resistance to plant viruses

المناعـة Immunity : يطلـق هـذا المصـطلح علـى المقاومـة التامـة التـي يبـديها طـراز وراثي واحد Genotype، دون الطـرز الأخـرى، مـن نـوع نبـاتي معين للعـدوى بفيـروس معين. وتظهر هذه المقاومة (المناعة) غالباً نتيجة منع أو تثبيط تضاعف الفيروس.

مقاومة النبات اللامضيف Non-host resistance : تطلـق هـذه التسـمية إذا كانـت كـل الأصـناف لنـوع نبـاتي معـين تبـدي مناعـة إزاء كـل الطـرز الحيويـة Biotypes للمسـبب المرضـي.

المقاومـة القصـوى Extreme resistance (ER) : لقـد تـم تعريـف بعـض مورثـات المقاومة التي تضـفي علـى النباتـات المضـيفة مسـتويات مختلفـة مـن المقاومـة. وفـي بعـض الحـالات، يمكـن لهـذه المقاومـة أن تضـفي مناعـة تامـة للنباتـات وهـي أقصـى درجـات هـذا النـوع مـن المقاومـة. بينمـا فـي حالـة فيـروس البطاطـا Potato virus X (PVX) X، يحدث تضـاعف الفيـروس علـى نطـاق محـدود، ثـم تتحـرض آليـات المقاومـة عنـد النباتـات، ممـا يـؤدي إلـى توقـف عمليـة التضـاعف بشـكل كامـل. أمـا فـي نباتـات اللوبيـاء، فتعـزى المقاومـة لفيـروس موزاييك اللوبيـاء Cowpea mosaic virus (CMV) إلـى تثبـيط عملية تصنيع البروتين الفيروسي.

وقـد يحـدث التضـاعف الفيروسـي بشـكل طبيعـي، ولكـن الفيـروس يبقـى غيـر قـادر علـى الانتقال خارج الخلايا المعداة. ويعتقد أن هـذه المقاومـة تحـدث إمـا نتيجـة خلـل وظيفـي فـي البـروتين المسـؤول عـن الانتقـال مـن خليـة إلـى أخـرى، وإمـا أن تشـكل النباتـات بعـض الحواجز التي تمنع العمل الطبيعي للبروتين المسؤول عن حركـة الفيـروس مـن خليـة إلـى أخرى. ففي بعض الحـالات، تـم تعريـف مورثـات مقاومـة نوعيـة عنـد النباتـات تـؤدي إلـى منع حركة الفيروس من خلية إلى أخرى، وإحداث طفرة في مثل هذه المورثات يؤدي إلـى كسر صفة المقاومة عند النباتات، وانتشار الفيروس بشكل طبيعي.

تجاوب فرط الحساسية Hypersensitivity response (HR): في بعض الطرز الوراثية من النباتات، يستطيع الفيروس الانتقال من خلية إلى أخرى ضمن نطاق محدد قبل أن يحدث تفاعل فرط حساسية يؤدي إلى موت الخلايا في منطقة العدوى، وبالتالي منع الفيروس من الانتشار.

تسمى ER و HR بالمقاومة المتاصلة (غير المكتسبة) Innate resistance. وكلاهما مرتبط بوجود مورثات مقاومة سائدة. والنباتات التي تبدي تفاعل فرط حساسية (HR) قد تستحث أيضاً حالة من المقاومة غير النوعية بالممرض تسمى بالمقاومة الجهازية المكتسبة Systemic acquired resistance.

إذا لم يستطع الفيروس الانتشار إلى الأوراق العليا من النبات، فمن المحتمل وجود حاجز يمنع الفيروس من الوصول إلى النسغ في الأوعية الناقلة. وهذا الحاجز يمكن أن يمنع حركة الفيروس في واحد أو أكثر من أنماط الخلايا الوعائية: خلايا محيط الحزم الوعائية، أو الخلايا البرانشيمية اللحائية، أو الخلايا المرافقة. وقد يكون عدوى الأوراق العليا محصوراً في عدد قليل من الأوراق، قبل أن يشفى النبات من الإصابة، وتسمى هذه الحالة بالمقاومة المرتبطة بالعمر Age-related resistance، والذي يبدو أن حمض الصفصاف Salicylic acid (SA) يلعب دوراً في هذه المقاومة، كما قد تعزى هذه المقاومة أيضاً إلى عدم قدرة الفيروس على كبح عملية تثبيط الـ RNA الفيروسي من قبل النبات RNA inhibition (RNAi). ومن المحتمل أن معظم الفيروسات تشفر مثبطاً لعمل RNAi. ويعزى شفاء بعض النباتات من العدوى بالفيروسات مثل Nepoviruses و Tobraviruses إلى فشل الفيروس في تثبيط عمل RNAi . ويحدث الشفاء من العدوى أيضاً عند بعض المضيفات بعد العدوى بفيروس موزاييك القرنبيط Cauliflower mosaic virus (CaMV).

التحمل Tolerance : تبدي النباتات المصابة أعراضاً خفيفة، أو لا تبدي أية أعراض، وتكون قادرة على إعطاء غلة طبيعية على الرغم من إصابتها.

وقد درست مورثات المقاومة بشكل جيد عند العديد من النباتات، واستغلت في عمليات التربية الموجهة أو نقل المورثات للحصول على أصناف تجارية مقاومة للأمراض الفيروسية، والتي تعد حالياً من أفضل طرائق المكافحة. وقد تم إنتاج العديد من الأصناف المقاومة أو المتحملة من البطاطا وقصب السكر والبندورة والخيار ...إلخ.

الفصل السادس

أهم أمراض النبات الفيروسية

الأمراض الفيروسية على الكرمة

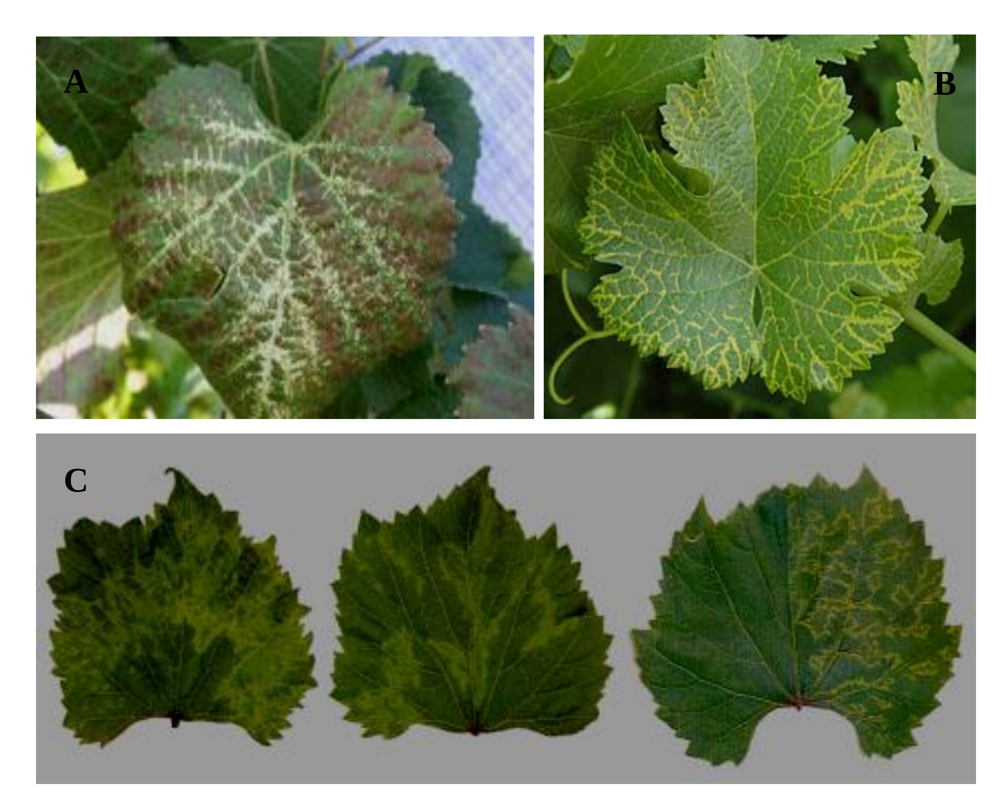
الورقة المروحية على الكرمة Grapevine fanleaf

يعتقد بأن مرض الورقة المروحية (تدهور الورقة المروحية Fanleaf degeneration) هو أكثر أمراض الكرمة الفيروسية خطورة، كما أنه أقدم مرض فيروسي معروف على الكرمة.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس Grapevine fanleaf virus (GFLV) للجنس *Nepovirus* والفصيلة Comoviridae. الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد غير مغلفة، قطرها 30 نانومتر، ويحتوي الفيروس على الحمض النووي ssRNA مفرد السلسلة.

الأعراض: تختلف حسب الصنف النباتي، والظروف البيئية، وسلالة الفيروس. ولكن تبدي معظم الأصناف أوراقاً أصغر حجماً من الأوراق السليمة، ويكون تسنين حواف النصل أكثر عمقاً مقارنة مع التفصيص الطبيعي، وقمة النصل متطاولة وحادة مقارنة مع الأوراق السليمة. أما العرض المميز لهذا المرض فهو أن العروق الأساسية للورقة تكون متجمعة وغير طبيعية، والزوايا بين العروق الجانبية والعرق الوسطي تكون حادة عند قاعدة الورقة مما يعطيها مظهر المروحة نصف المفتوحة. أما الأعراض الأخرى فقد تتضمن تبرقش أوموزاييك بلون أصفر أو أخضر باهت على الأوراق، أوعلى شكل خطوط أو أشرطة أو تحزم على طول العروق الرئيسية للورقة (الشكل 1-31)، وهذه الأعراض غير نوعية أومميزة لمرض الورقة المروحية حيث يمكن أن تختفي أحياناً مع تقدم الموسم، وقد تلاحظ أعراض مشابهة نتيجة الإصابة بمسببات مرضية أخرى فطرية أو فيرويدية أو فيتوبلاسمية، أو حتى نتيجة لنقص بعض العناصر، أو عن التعرض

لمبيدات الأعشاب. كما تظهر النموات الحديثة على النباتات المصابة متقزمة، وذات سلاميات قصيرة، وتنمو بشكل متعرج (zig zag)، وعند إجراء مقطع عرضي لقاعدة العقد يمكن رؤية الحواجز وهي عبارة عن أجسام ضمينة على شكل شرائط في الخلايا المصابة تمتد في الخشب. تنخفض نسبة الإزهار والعقد قي النباتات المصابة، ويمكن أن تفشل الأزهار في العقد بحيث لا يبقى في العنقود إلا حبتان أو ثلاث وأحياناً أقل، ونلاحظ عناقيد صغيرة مع حبات فشلت في العقد، ولذلك تظهر العناقيد مشوهة وتتميز بوجود حبات كبيرة منتشرة بين حبات صغيرة.



الشكل 1-31: أعراض الإصابة بفيروس الورقة المروحية على الكرمة (GFLV). (A) تحزم العروق، كما يلاحظ أن الزوايا تكون أقل انفراجاً بين العروق الجانبية والعرق الوسطي مما يعطي الورقة شكل المروحة نصف المفتوحة. (B و C) أعراض تبرقش وموزاييك على الأوراق.

تميل دوالي الكرمة المصابة لأن تكون أصغر حجماً من الشجيرات السليمة. وتظهر الأصناف الحساسة تراجعاً وتدهوراً متزايداً، وانخفاضاً في الإنتاجية (حيث تصل نسبة الخسائر إلى 80%)، وانخفاضاً في جودة الثمار. ويصبح العمر الإنتاجي لشجيرة الكرمة قصير نسبياً، كما تقل قدرة الشجيرة على تحمل الصقيع.

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس بواسطة النيماتودا *Xiphinema index* و *X. italiae* حيث تسهم هذه النيماتودا في نقل الفيروس من نبات إلى نبات آخر ضمن البستان، أما الانتقال لمسافات طويلة فيحدث بشكل رئيسي عن طريق نقل الأجزاء النباتية المستخدمة في الإكثار والمأخوذة من نباتات مصابة. كما ينتقل الفيروس بالتطعيم، وبواسطة الحقن الميكانيكي، ولا ينتقل عن طريق الاحتكاك بين النباتات، ومن العوائل النباتية البرية المعروفة لهذا المرض *Aristolochia clematitis* (وهو نبات يستخدم في الطب الشعبي لتسهيل الولادة) و *Sonchus oleraceus* (وهو نبات شوكي معروف). لا ينتقل المرض بواسطة حبوب الطلع على الرغم من إثبات وجود الفيروس في حبوب الطلع للجنس *Vitis*، كما لم يثبت انتقاله بواسطة بذور العنب على الرغم من انتقاله بواسطة بذور بعض النباتات مثل السرمق.

الوقاية:

- إنتاج وزراعة غراس خالية من الفيروس، وذلك عن طريق زرع المرستيم القمي الخالي من الفيروس، والفحص المستمر لحقول الأمهات للتأكد من خلوها من الإصابة. واستيراد نباتات مرفقة بشهادة صحية تثبت خلوها من الفيروس.
- مكافحة النيماتودا الناقلة للمرض.
- التخلص من العوائل النباتية البديلة المحيطة بالبستان .
- الزراعة في تربة خالية من النيماتودا الناقلة للفيروس.
- زراعة أصناف مقاومة للفيروس والنيماتودا الناقلة.
- تطبيق إجراءات الحجر الزراعي الداخلية والخارجية .

التفاف أوراق الكرمة Grapevine leaf roll

يعد مرض التفاف أوراق الكرمة الفيروسي واحداً من أهم أمراض الكرمة الفيروسية. يصيب المرض كل أنواع الكرمة البرية و كرمة العنب *Vitis vinifera* وهجن وأصول الكرمة.

الفيروس المسبب: تم حتى الآن تعريف عشرة فيروسات خيطية مختلفة مرافقة لمرض التفاف أوراق الكرمة الفيروسي Grape vine leaf roll-associated viruses (GLRaVs) ، تتبع جميعها للفصيلة Closteroviridae. وهذه الفيروسات غير مرتبطة مصلياً، وتتراوح أطوال جسيماتها بين 1400 و 2200 نانومتر. وقد تم ترقيمها من 1 إلى 10 (GLRaV-1 حتى GLRaV-10) على أساس ترتيب اكتشافها. ويبدو أن الفيروسات GLRaV-1 و GLRaV-2 و GLRaV-3 هي الأكثر انتشاراً. ولم يتم العثور على أي أصناف نباتية برية أو مزروعة معروفة كعوائل بديلة.

الأعراض : تكون الأعراض أكثر وضوحاً على أصناف كرمة العنب *V. vinifera* ذات الثمار الحمراء، حيث تلتف الأوراق نحو الأسفل حول العرق الوسطي، وتصبح سميكة وجلدية الملمس وسهلة الكسر، وتأخذ اللون الأحمر مع بقاء العروق الرئيسية بلون أخضر. أما في الأصناف ذات الثمار البيضاء، فإن الأعراض تكون أقل وضوحاً، وتتمثل بشحوب خفيف على الأوراق مع التفافها نحو الأسفل (الشكل 1-32).

يسبب هذا المرض انخفاضاً في الإنتاجية قد يصل حتى 30 – 50 % ، وتأخراً في نضج الثمار، وانخفاض محتواها من السكريات، وارتفاع نسبة الحموضة، وشحوباً في لون الثمار في الأصناف ذات الثمار الحمراء بسبب انخفاض أصبغة الأنثوسيانين في جلد الثمرة. وتصبح الشجيرات المصابة أكثر حساسية للإجهادات البيئية، وخاصة انخفاض درجات الحرارة في الشتاء، مما يؤدي إلى موت الشجيرات المصابة بنسب مرتفعة.



الشكل 1-32: أعراض الإصابة بمرض التفاف أوراق الكرمة الفيروسي. (A) يلاحظ في الأصناف الحمراء التفاف الأوراق نحو الأسفل، وتأخذ اللون الأحمر مع بقاء العروق الرئيسية خضراء. (B) يلاحظ في الأصناف البيضاء شحوب خفيف في الأوراق مع التفافها نحو الأسفل.

طرائق الانتقال: تنتقل هذه الفيروسات عن طريق التطعيم. كما يمكن أن تنتقل لمسافات طويلة عن طريق نقل الأجزاء النباتية المأخوذة من نباتات مصابة. إضافة لبعض النواقل الحشرية من رتبة Homoptera مثل البق الدقيقي (من فصيلة Pseudococcidae) والحشرات القشرية اللينة (من فصيلة Coccidae) التي يمكنها نقل الفيروسات (GLRaV-1, 3, 5, 9).

الوقاية: الطريقة الوحيدة حتى الآن لمكافحة مرض التفاف أوراق الكرمة هي التأكد من أن العقل وأقلام التطعيم مأخوذة من حقول أمهات مختبرة وخالية من الفيروسات. ويمكن أن تعامل المواد النباتية المشكوك بأنها تحمل الفيروس بالحرارة، كما يمكن أيضاً استخدام زرع الأنسجة. ومن الأمور الهامة اتباع إجراءات الحجر الزراعي، لأن شجيرة كرمة واحدة مصابة تسبب العدوى لكل البستان. وبالإضافة للإجراءات السابقة، يجب مكافحة الحشرات الناقلة لهذه الفيروسات. ولا توجد مصادر محددة لعوامل المقاومة تجاه أي من فيروسات التفاف الأوراق سواء في أنواع الكرمة البرية أو الأصناف المزروعة.

الأمراض الفيروسية على التفاحيات

موزاييك التفاح Apple mosaic

ينتشر هذا المرض في معظم مناطق زراعة التفاح في العالم. وقد وصف لأول مرة على الورد ثم على التفاح في الولايات المتحدة الأمريكية (White, 1928). والمجال المضيفي لهذا الفيروس واسع حيث يصيب نحو 56 جنساً موزعة في 19 عائلة نباتية، من أهمها الفصيلة الوردية.

الفيروس المسبب: يتبع فيروس موزاييك التفاح ApMV للجنس *Ilavirus* والفصيلة Bromoviridae. الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد لا غلاف لها، يتراوح قطرها بين 25 و 29 نانومتر، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: معظم الأصناف التجارية تصاب، ولكنها تختلف بشدة الأعراض؛ فالأصناف Golden delicious و Jonathan تصاب بشدة، بينما Winesap و McIntosh متوسطة الحساسية. تظهر على الأوراق في الربيع بقع أو خطوط أو أشرطة صفراء شاحبة إلى قشدية اللون (الشكل 1-33)، ثم تصبح هذه المناطق ميتة (نكروزية) بنية اللون في الصيف مع ارتفاع الحرارة، ويمكن أن تسقط الأوراق عندما تكون الإصابة شديدة.





الشكل 1-33: أعراض الإصابة بالفيروس ApMV. (A) خطوط صفراء. (B) تبرقش على الأوراق.

طرائق الانتقال: ينتقل فيروس موزاييك التفاح ميكانيكياً بصعوبة، وينتقل بالتطعيم، ولا ينتقل بواسطة البذور، ومن المحتمل انتقاله بحبوب الطلع، ولم يعرف له ناقل حيوي.
الوقاية: زراعة غراس سليمة من مصادر موثوقة ومرفقة بشهادة خلوها من الفيروسات، واستخدام طعوم من أشجار سليمة.

تبقع وشحوب أوراق التفاح Apple chlorotic leaf spot

الفيروس واسع الانتشار، يصيب عدداً كبيراً من النباتات العشبية البرية والمزروعة، والنباتات الخشبية من العائلة الوردية Rosaceae التي تشمل التفاح والأجاص والدراق والخوخ والمشمش والكرز.
الفيروس المسبب: يتبع فيروس تبقع وشحوب أوراق التفاح ACLSV للجنس *Trichovirus* والفصيلة Flexiviridae . الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة بدون غلاف، يتراوح طولها بين 680 و 780 نانومتر وعرضها 12 نانومتر، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.
الأعراض: يعد الفيروس ACLSV من الفيروسات الكامنة، فلا تظهر الأعراض على معظم الأصناف، ولكن يمكن أن تظهر على أصناف أخرى. وتشمل الأعراض تشوهاً في الأوراق، مع ظهور بقع أو حلقات أو خطوط شاحبة أو صفراء اللون يمكن أن تصبح محمرة بعد فترة باردة أو في نهاية الموسم، وقد تموت المناطق الملونة (تنكرز) في الصيف. وتظهر على الإجاص أعراض موزاييك وتخطط الأوراق. وقد تؤدي الإصابة إلى تنقر الخشب في أشجار التفاح، وتشقق الخشب في الخوخ. أما على الثمار، فتظهر الأعراض على شكل حلقات شاحبة خشنة الملمس. ويمكن أن تختلط هذه الأعراض أحياناً مع الأضرار المتسببة عن الصقيع، وقد تؤدي الإصابة بالبياض الدقيقي أحياناً إلى ظهور شبكة متفلنة خشنة المظهر، كما أن المعاملة ببعض المبيدات قد تترك أثراً على شكل حلقات خشنة الملمس. وتظهر ثمار اللوزيات المصابة مشوهة مع ظهور بقع ميتة عليها تشبه الإصابة بجدري الخوخ (الشكل 1-34).



الشكل 1-34: أعراض الإصابة بفيروس تبقع وشحوب أوراق التفاح. (A) تشوه مع ظهور بقع شاحبة على أوراق التفاح. (B) موزاييك على أوراق الإجاص. (C) بقع حلقية على ثمار التفاح. (D) بقع حلقية على ثمار الإجاص. (E) تبقع شبكي ناتج عن الإصابة بالبياض الدقيقي. (F و G) تشوه وبقع ميتة على ثمار الكرز، والدراق على الترتيب. (H) تنقر الخشب في أشجار التفاح.

طرائق الانتقال: ينتقل بالعدوى الميكانيكية إلى النباتات العشبية، وعن طريق التطعيم، ولا ينتقل عن طريق البذور.

تنقر ساق التفاح Apple stem pitting

الفيروس المسبب: يتبع فيروس تنقر ساق التفاح ASPV للجنس *Foveavirus*. الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة طولها 800 نانومتراً وعرضها 12 – 15 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي RNA .

الأعراض: غالباً ماتكون الإصابة بهذا الفيروس كامنة على العديد من الأصناف، وبالتالي فمن الصعب ملاحظة الأعراض بوضوح على الرغم من الانتشار الواسع لهذا المرض. تظهر الأعراض على هيئة صغر في حجم الأوراق والتفافها واصفرارها، وقد يلاحظ عليها تبقعات أو تبرقش واصفرار العروق في بعض الأصناف، ويمكن أن تؤدي الإصابة إلى تساقط الأوراق. تظهر الثمار مشوهة مما يؤدي إلى انخفاض قيمتها التسويقية (الشكل 1-35). كما تظهر أعراض تنقر الخشب مع نتوءات في القلف وموت للأنسجة في منطقة التطعيم، وتقزم الأشجار الفتية، وسهولة انكسارها. وتصبح الأشجار المصابة حساسة للتقرح ولنقص العناصر.

طرائق الانتقال: هذا الفيروس ليس وبائياً، ولكنه يمكن أن ينتقل عن طريق التحام الجذور وبالتطعيم، وينتقل أيضاً بالعدوى الميكانيكية إلى النباتات العشبية. لا ينتقل بواسطة البذور، ولا يعرف له ناقل حيوي.

الوقاية: استخدام الغراس الخالية من الفيروسات، وزراعة الأصناف المقاومة للفيروس.





الشكل 1-35: أعراض الإصابة بفيروس تنقر ساق التفاح ASPV . (A) صغر في حجم الأوراق والتفافها واصفرارها. (B) تشوه في الثمار.

الأمراض الفيروسية على اللوزيات

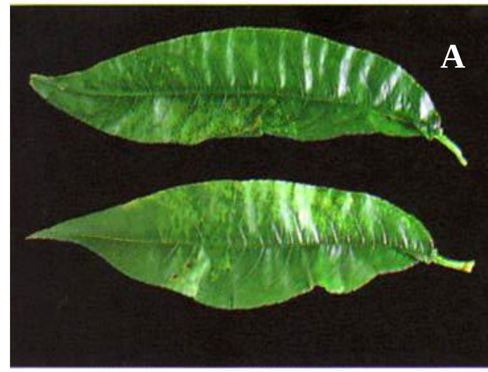
البقع الحلقية الميتة على الخوخ

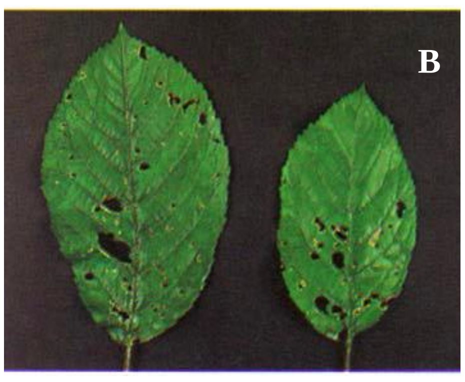
Prunus necrotic ring spot

يصيب هذا المرض معظم اللوزيات (الكرز واللوز والدراق والمشمش والخوخ)، وكذلك بعض نباتات الزينة مثل الورد. ويعد من أكثر الأمراض الفيروسية انتشاراً على أشجار اللوزيات.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس PNRSV للجنس *Ilavirus* والفصيلة Bromoviridae. الجسيمات الفيروسية متساوية الأبعاد، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تظهر أوراق الأشجار المصابة صغيرة الحجم، وعليها بقع حلقية خضراء فاتحة تتراوح أبعادها من 1 – 5 مم. وتصبح المناطق المصابة فيما بعد ميتة (منكرزة)، ثم تسقط تاركة مكانها ثقوباً (تثقب خردقي)، أو تصبح الأوراق ممزقة (الشكل 1-36). وقد تظهر أحياناً على الثمار حلقات صغيرة مشابهة لتلك الموجودة على الأوراق.





الشكل 1-36: أعراض الإصابة بالفيروس PNRSV . (A) بقع شاحبة على أوراق الدراق. (B) تثقب خردقي على أوراق الخوخ.

طرائـق الانتقـال: ينتقل الفيـروس بـالتطعيم، وينتقـل ميكانيكيـاً عـن طريـق حقـن عصـارة أوراق الأشجار المصـابة فـي أوراق الخيـار أو العديـد مـن النباتـات العشبية الأخـرى. كمـا ينتقـل بالبـذور بنسـبة تتـراوح بـين 5 و 70 %، وكـذلك بحبـوب الطلـع إلـى البـذور وإلـى النباتات الملقّحة حيث تنتقل الإصـابة مـن الأشـجار المصـابة إلـى السـليمة بواسـطة حبـوب الطلع. ولا تعرف حتى الآن نواقل أخرى للفيروس PNRSV .

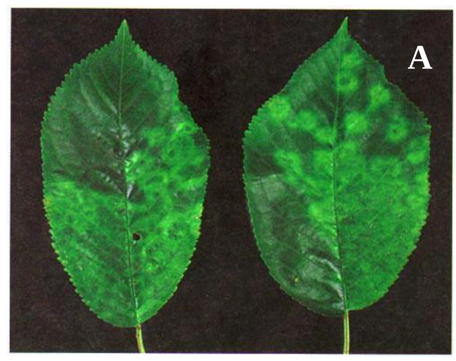
تقزم الخوخ Prune dwarf

الفيـروس المسـبب: يتبـع فيـروس تقـزم الخـوخ PDV للجـنس *Ilavirus* والفصـيلة Bromoviridae، وله خمسة أنماط من الجسيمات المختلفة بشكلها مـن متسـاوية الأبعـاد غيـر مغلفـة بقطـر 22 نـانومتر أو عصـوية بطـول 20 أو 23 أو 26 أو 38 نـانومتر، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعـراض: قـد تتشـابه بعـض الأعـراض الناتجـة عـن الإصـابة بـالفيروس PDV مـع أعراض الإصابة بالفيروس PNRSV، فقد تظهر على هيئة بقع أو خطـوط شـاحبة، وبقـع ميتة (تنكرز) وتثقب خردقي على الأوراق (الشكل 1-37). كما تؤدي الإصـابة إلـى توقـف النمو، وتصمغ على الأشجار حيث لوحظت كميات كبيرة من الإفرازات الصـمغية علـى سـاق وفـروع أشـجار المشـمش المصـابة. وفـي أشـجار الـدراق يلاحـظ تقـزم السـلاميات والتورد على النباتات النامية، بالإضافة إلى انخفاض واضح بالإنتاج .

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس ميكانيكياً، وبالتطعيم، وبواسطة حبوب الطلع وعن طريق البذور.

الوقايـة: اسـتخدام مـواد نباتيـة خاليـة مـن الفيروسـات، وإزالـة الأشـجار المصـابة لتجنـب انتقـال الإصـابة إلـى الأشـجار السـليمة، وتطبيـق قـوانين الحجـر الزراعـي الـداخلي والخارجي.





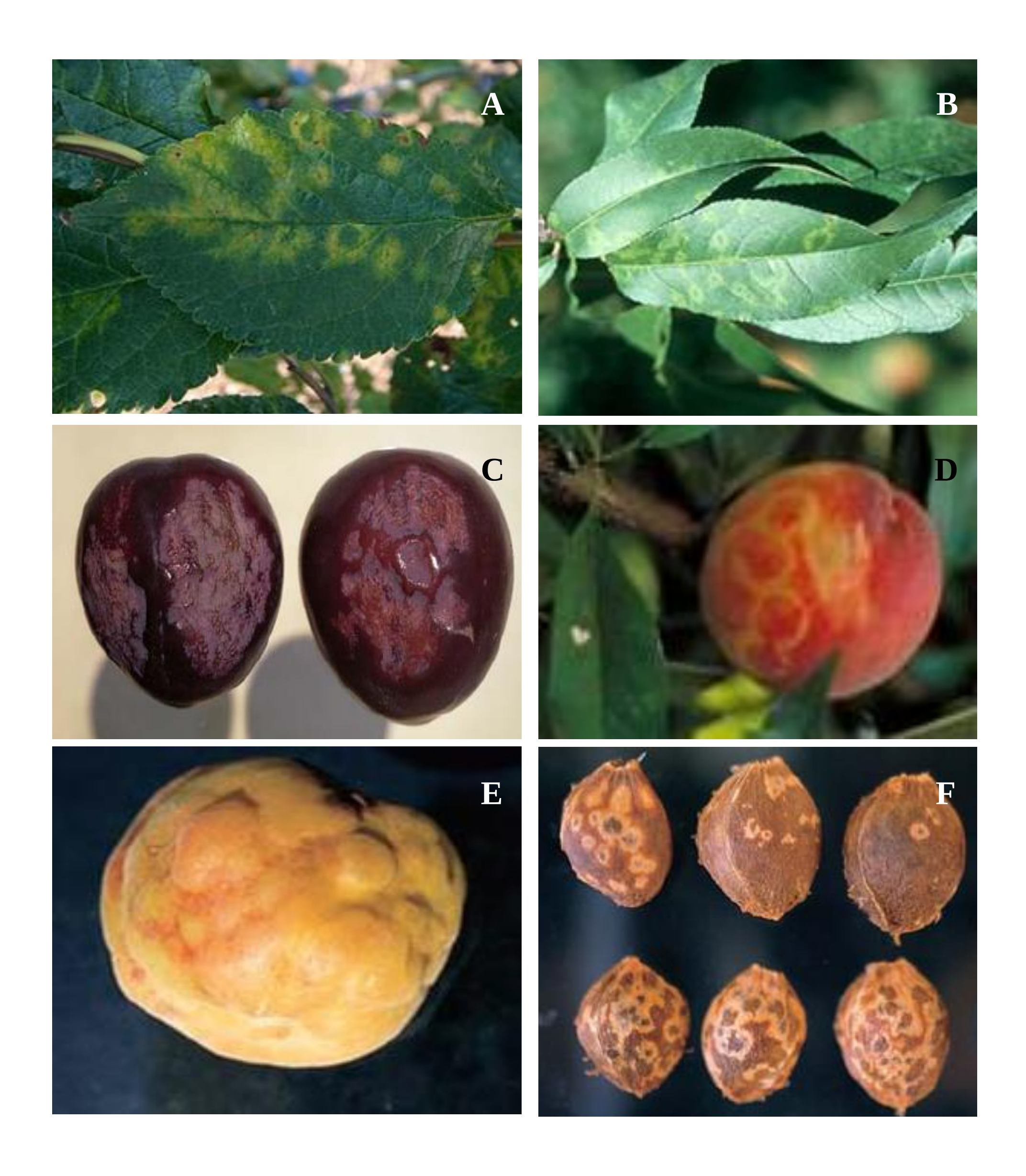
الشكل 1-37: (A) حلقات وبقع شاحبة على أوراق الكرز ناتجة عن الإصابة بفيروس تقزم الخوخ. (B) بقع ميتة وتثقب خردقي ناتجة عن الإصابة بفيروس تقزم الخوخ

جدري الخوخ (الشاركا) Plum pox (Sharka)

يعد هذا المرض من أهم الأمراض الفيروسية على اللوزيات، فهو يصيب الخوخ والدراق والنكتارين والمشمش، إضافة إلى العديد من النباتات العشبية ونباتات الزينة.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس PPV للجنس *Potyvirus* والفصيلة Potyviridae. الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة يتراوح طولها بين 660 – 770 نانومتراً، وعرضها 12.5 – 20 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تختلف الأعراض حسب سلالة الفيروس، والصنف النباتي، والظروف البيئية. تظهر الأعراض على الأوراق على شكل بقع خضراء شاحبة أو حلقات أو خطوط، أو أعراض موزاييك، أو اصفرار العروق، وتظهر الأعراض على بعض الأوراق فقط في الشجرة. وتبدي ثمار الخوخ المصابة مظهر الجدري، حيث تظهر حلقات أو لطخ داكنة اللون على جلد الثمرة، وتلون بني أو محمر في لب الثمرة، وبقع أو حلقات بنية على نواة الثمرة، ومعظم الثمار المصابة تسقط قبل النضج. وتظهر على ثمار الدراق حلقات مع تشوه في الثمار. بينما تظهر ثمار المشمش أكثر تشوهاً، وعليها نتوءات أو تورمات، مع وجود حلقات أيضاً، كما تظهر على النواة حلقات بيضاء مصفرة (الشكل 1-38). والثمار المصابة تكون ذات طعم خفيف لانخفاض محتواها من السكريات.



الشكل 1-38: أعراض الإصابة بفيروس جدري الخوخ: (A) بقع ولطخ شاحبة على أوراق الخوخ. (B) حلقات خضراء شاحبة على أوراق الدراق. (C) بقع متسعة وجافة تشبه الجدري على ثمار الخوخ. (D) حلقات على ثمار الدراق. (E) تشوه في الثمار وحلقات وأورام أو نتوءات على ثمار المشمش. (F) حلقات بيضاء مصفرة على نوى ثمار المشمش.

طرائق الانتقال: ينتقل عن طريق التطعيم، وبواسطة الحقن الميكانيكي، كما ينتقل بواسطة عدة أنواع من حشرات المن بالطريقة غير المستمرة ومن أهمها من الدراق الأخضر *Myzus persicae* ، ولا ينتقل بحبوب الطلع، وانتقاله البذري غير مؤكد.

الوقاية: زراعة غراس خالية من الإصابة من مصادر موثوقة، وتطبيق قوانين الحجر الزراعي، وزراعة أصناف مقاومة أو متحملة، والتخلص من الأشجار المصابة فور اكتشاف المرض فيها لتجنب انتقال العدوى للأشجار السليمة، كما يمكن استخدام طريقة الحماية المتصالبة .

موزاييك وتورد الدراق Peach rosette mosaic

يصيب الدراق والخوخ الياباني والكرمة والهندباء البرية والعنبية blueberry .

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس PRMV للجنس *Nepovirus* والفصيلة Comoviridae . الجسيمات الفيروسية متساوية الأبعاد بدون غلاف قطرها 28 نانومتر، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA مفرد السلسلة.

الأعراض: يتأخر تفتح البراعم في أشجار الدراق المصابة، وتبدي الأوراق المتشكلة في الربيع أعراض برقشة أو موزاييك واصفرار، وتكون أصغر حجماً من الطبيعي ومشوهة. وتكون السلاميات بين العقد قصيرة مما يعطيها مظهر التورد حيث تصبح نهايات الأفرع على شكل باقات ورقية متوردة (الشكل 1-39)، وهو العرض المميز لهذا المرض. وبشكل عام تكون الأشجار المصابة متقزمة، وتعطي عدداً قليلاً من الثمار.

ويمكن أن يتأخر أيضاً تفتح البراعم في الكرمة المصابة. وتكون الطرود قصيرة وملتوية، وتحمل أوراقاً مبرقشة ومشوهة. وتكون العناقيد قليلة العدد، وتحمل عدداً قليلاً من الحبات. كما تكون الشجيرات المصابة متقزمة، وتبدي تدهوراً تدريجياً قد يؤدي إلى موتها في النهاية.



الشكل 1-39: أعراض الإصابة بفيروس موزاييك وتورد الدراق: (A) أعراض موزاييك وتورد على الدراق. (B, C) أعراض الإصابة على الكرمة.

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس ميكانيكياً، وبالتطعيم، كما ينتقل بالنيماتودا *Xiphinema americanum* و *Longidorus diadecturus* ، وعن طريق شتول الكرمة الماخوذة من نباتات مصابة.

الوقاية: استخدام مواد نباتية (أصول وطعوم) خالية من الفيروسات، وزراعة أصناف مقاومة، ومكافحة النيماتودا الناقلة للفيروس والأعشاب المضيفة للمرض.

الأمراض الفيروسية على الحمضيات

تريستيزا الحمضيات Citrus tristeza

ينتشر الفيروس في معظم مناطق زراعة الحمضيات في العالم، ويصيب عملياً كل أصناف الحمضيات، ولكن بشكل أساسي البرتقال والكريب فروت واللّيم. وهو من الأمراض المهمّة على أشجار الحمضيات، وقد أدى إلى موت الملايين من أشجار الحمضيات في العالم، ولذلك يدعى بالتدهور السريع للحمضيات Quick decline، وبالموت التراجعي Dieback . وينتشر هذا المرض بكثرة على الأشجار المطعمة على أصل البرتقال الحامض (النارنج أو الزفير).

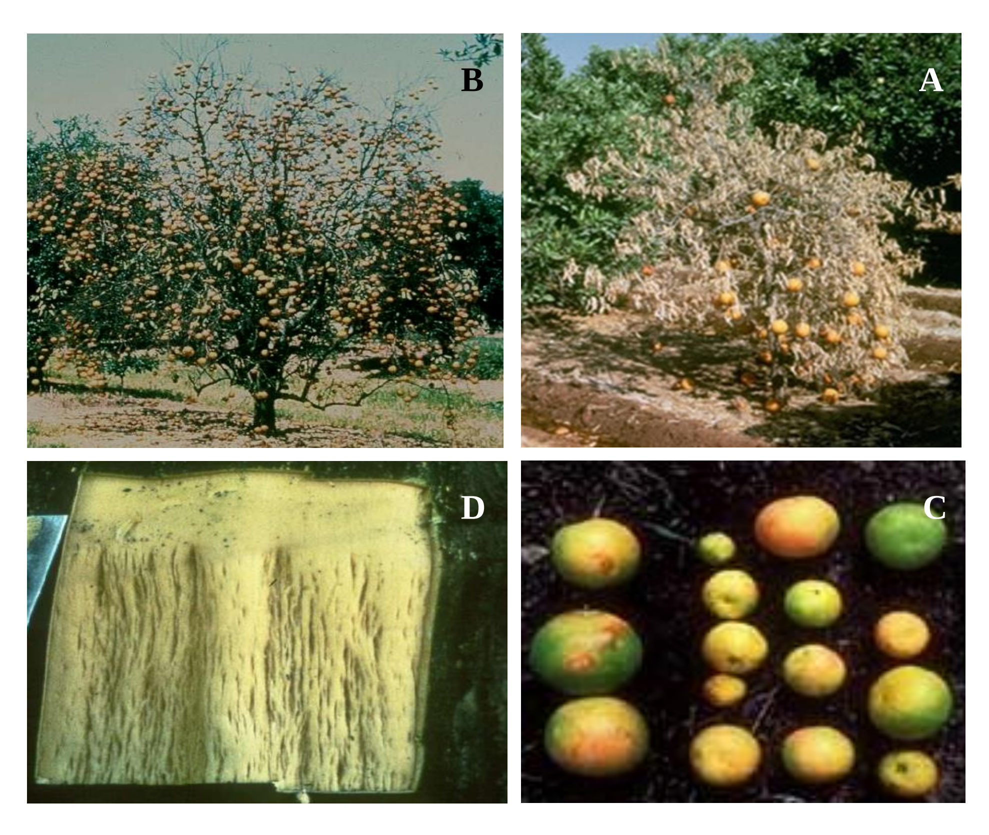
الفيروس المسبب: يتبع الفيروس CTV للجنس *Closterovirus* والفصيلة Closteroviridae. الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة طولها 2000 نانومتر، وتحتوي على الحمض النووي +ssRNA وحيد السلسلة وموجب.

الأعراض: تختلف تبعاً لسلالات الفيروس وللأصل المطعمة عليه أصناف الحمضيات. ومعظم سلالات فيروس تريستيزا متوسطة الشراسة، ولا تعطي أعراضاً واضحة على أصناف الحمضيات التجارية، ويتم الكشف عنها فقط بواسطة النباتات الدالة الحساسة، أو الاختبارات المصلية والجزيئية.

تسبب السلالات الشرسة تدهوراً سريعاً للأشجار خلال عدة أسابيع. حيث تتحول أوراق الأشجار المتدهورة إلى اللون الأصفر أو البني، وفيما بعد تذبل وتسقط، وتكون الثمار صغيرة الحجم وقد تبقى عالقة على الأشجار بعد موتها. ومع ذلك، بعض السلالات الشرسة لا تسبب تدهوراً سريعاً، فهي إما أن تؤثر في نمو الأشجار الفتية فتبقى متقزمة، وتفشل في الدخول في مرحلة الإثمار، أو أنها تسبب تدهور الأشجار على مدى عدة سنوات (تدهور مزمن)، وخلال هذه الفترة تنمو الأشجار ببطء، وتنخفض إنتاجيتها، وتتدهور، ويمكن أن تموت (الشكل 1-40).

تـؤدي سـلالات الفيـروس المسـببة للتـدهور السـريع لأشـجار الحمضـيات المطعمـة علـى الزفير إلى تنكرز أو موت اللحاء في منطقة التحام الطعم، مما يسبب إعاقة وصـول المـواد الغذائية إلى الجذور، الأمر الذي يؤدي إلى ضعف نمو الجذور أو موتهـا، وبالتـالي تـدهور الأجزاء فوق الأرضية من الشجرة.

تسبب بعض السلالات تنقر الساق، حيث تبدي الأشجار المصـابة تنقرات أو حفر طوليـة عميقة في الخشب تحت القلف على الجذع والأفرع. وتكون الأشـجار التـي تبـدي تنقراً فـي السـاق متقزمـة، وتحمـل عـدداً قلـيلاً مـن الثمـار صـغيرة الحجم وسيئة النوعيـة، وتصـبح الفروع ضعيفة سهلة الكسر، وتتدهور الأشجار ولكنها لا تموت إلا بعد عدة سنوات.



الشكل 1-40: أعراض الإصابة بفيروس تريستيزا الحمضيات: (A) شجرة برتقال ميتـة نتيجـة الإصـابة بالتدهور السريع. (B) شجرة برتقـال ميتـة نتيجـة الإصـابة بالتـدهور البطـيء. (C) ثمـار كريـب فـروت صغيرة الحجم ناتجة عن أشجار مصابة. (D) تنقر الخشب.

طرائق الانتقال: لا ينتقل الفيروس بالعدوى الميكانيكية، ولا ينتقل بواسطة البذور، بل ينتقل بواسطة التطعيم، وبواسطة عدة أنواع من حشرات المن بالطريقة نصف المثابرة، ومن أكثر هذه الأنواع فاعلية في نقل الفيروس حشرة مَنّ الحمضيات البني *Toxoptera citricida* ، كما ينتقل بواسطة أنواع أخرى من المن مثل مَنّ الحمضيات الأسود *Toxoptera aurantii* ومَنّ القطن *Aphis gossypii* .

الوقاية: التطعيم على أصول مقاومة أو متحملة مثل البرتقال ثلاثي الأوراق والكبّاد واليوسفي كليوباترا، وتجنب التطعيم على أصل البرتقال الحامض (الزفير) لأنه حساس للإصابة، علماً أن معظم أشجار الحمضيات في سوريا مطعمة على أصل الزفير، لذلك يجب تطبيق قوانين حجر زراعي صارمة لمنع دخول وانتشار المرض. وعدم استخدام مواد الإكثار الخضري إلا بعد اختبارها والتأكد من سلامتها، وأخذ الطعوم من أمهات معتمدة، واستخدام طعوم من أصناف متحملة لتنقر الساق. ومن المفيد أيضاً مكافحة النواقل الحشرية. ويمكن تحصين الأشجار ضد سلالات الفيروس الشرسة بحقنها بسلالات ضعيفة للفيروس ذاته.

قوباء الحمضيات Citrus psorosis

ينتشر هذا المرض في معظم مناطق زراعة الحمضيات في العالم، ويصيب معظم أنواع الحمضيات، وبشكل خاص البرتقال الحلو والكريب فروت واليوسفي التي تصاب بشدة. وهو يعد كمعقد مرضي حيث إن للفيروس عدة سلالات تختلف بشراستها وبالأعراض التي تسببها، ومن أهمها السلالة A (CPsV-A) متوسطة الشراسة، والسلالة B (CPsV-B) شديدة الشراسة، وسلالة القوباء الصمغية المقعرة Concave gum .

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس CPsV للجنس *Ophiovirus* .الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة بدون غلاف، يتراوح طولها بين 1500 و 2500 نانومتراً وقطرها 9 نانومتر، وتحتوي الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تبدي أوراق الأشجار المصابة مجالاً واسعاً من الأعراض، تكون أكثر وضوحاً على الأوراق الفتية، حيث تشمل بقعاً ولطخاً شاحبة غير منتظمة الشكل، أوتبرقشاً في الأوراق، أو بقعاً حلقية، ويمكن لهذه الأعراض أن تتلاشى مع تقدم الأوراق في العمر. وقد تظهر على الثمار حلقات شاحبة اللون. والعرض الأكثر تمييزاً للإصابة بهذا المرض هو تقشر القلف على الجذع والأغصان الرئيسة على البرتقال الحلو والكريب فروت وأحياناً المندرين، ويصبح الخشب مشبعاً بالصمغ، حيث يظهر المقطع العرضي في جذع شجرة مصابة حلقات كاملة أو متقطعة من الصمغ بين طبقات الخشب.

تسبب قوباء السلالة B (Citrus Ring Spot Virus – CRSV) بقعاً ولطخاً شاحبة غير منتظمة الشكل على الأوراق القديمة، ويمكن أن يشاهد خروج إفرازات صمغية على السطح السفلي. وقد تلاحظ على الثمار بقع حلقية. كما تسبب تقشراً وتشققات على شكل خطوط طولية في قلف الأشجار المصابة للجذع والفروع الرئيسة (الشكل 1-41).

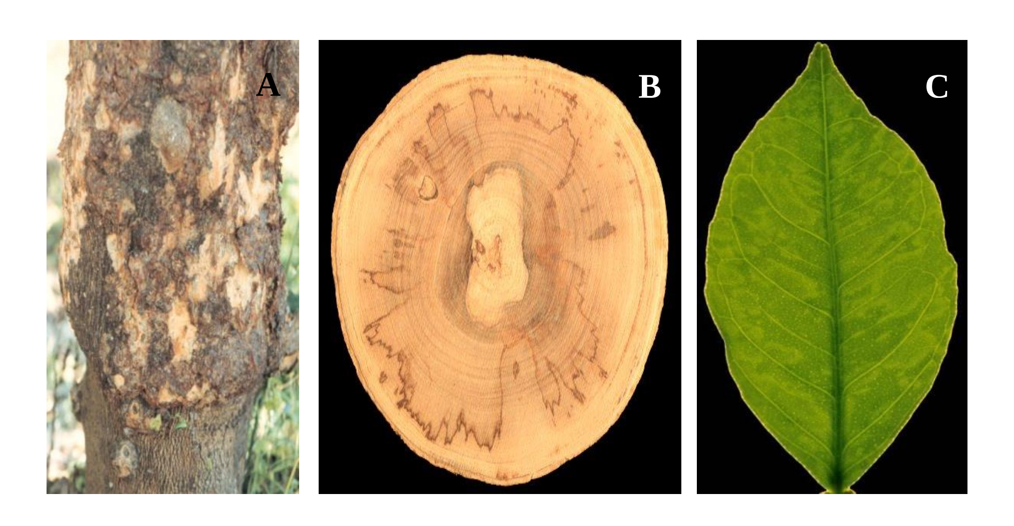






الشكل 1-41: أعراض الإصابة بفيروس قوباء الحمضيات السلالة B : (A) بقع ولطخ شاحبة على الأوراق القديمة. (B) بقع حلقية على الثمار. (C) تقشر على الجذع والأغصان الرئيسية.

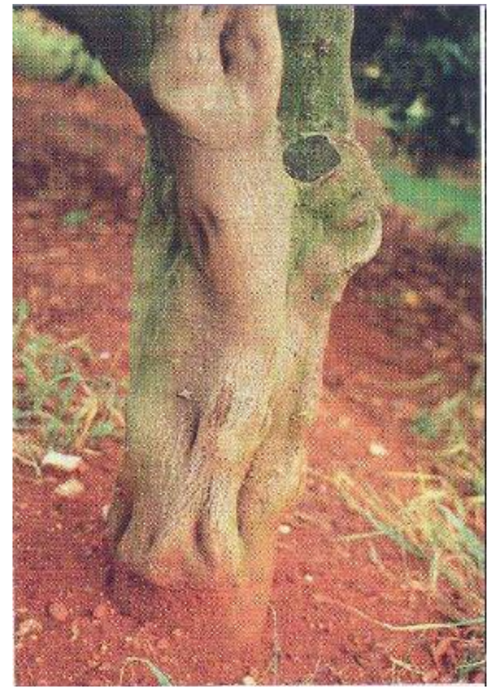
تسبب قوباء السلالة A تقشراً محدوداً للقلف على الجذع والفروع الرئيسية، وتخرج منها إفرازات صمغية (الشكل 1-42).



الشكل 1-42: أعراض الإصابة بقوباء الحمضيات السلالة A : (A) تدهور وتشقق اللحاء في الجذع الرئيسي مع إفرازات صمغية. (B) تلون الأنسجة الداخلية في المقطع العرضي . (C) شحوب على الأوراق الحديثة.

إن تقشر القلف على الجذع الذي يسببه فيروس جذام الحمضيات Citrus leprosis virus يمكن أن يتشابه مع التقشرات التي يسببها فيروس قوباء الحمضيات (CPsV)، إلا أن الإصابة بالفيروس (CLV) لا تؤدي إلى تلون الخشب بعكس الإصابة بفيروس القوباء.

تسبب سلالة القوباء الصمغية المقعرة Concave gum تقعرات أو تجاويف أو حفراً عميقة في الجذع والفروع الرئيسية للأشجار المصابة وبشكل خاص المندرين والبرتقال الحلو (الشكل 1-43). وقد تؤدي الإصابة إلى تشققات في القلف تخرج منها إفرازات صمغية.

الشكل 1-43: أعراض الإصابة بسلالة القوباء الصمغية المقعرة، حيث يلاحظ تشكل تقعرات أو حفر عميقة في جذع الأشجار المصابة.

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس ميكانيكياً وبالتطعيم وعن طريق التحام الجذور، ولم يعرف له ناقل حيوي. وقد أشارت العديد من الدراسات لإمكانية انتقاله بفطريات من الجنس *Olpidium* .

الأمراض الفيروسية على الشوندر السكري

تنكرز واصفرار عروق الشوندر (الريزومانيا)

Beet necrotic yellow vein (Rhizomania)

سجل مرض الريزومانيا على الشوندر السكري لأول مرة في إيطاليا (Canova, 1959)، ويوجد المرض حالياً في معظم مناطق زراعة الشوندر السكري في العالم. وقد سجل في سوريا في بداية التسعينات من القرن العشرين في محافظة حمص، ومنها انتشر إلى محافظات أخرى.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس BNYVV للجنس *Benyvirus*. الجسيمات الفيروسية عصوية بأطوال مختلفة (85 ، 100 ، 265 و 390 نانومتراً) وعرضها 20 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي RNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تظهر في الحقل على شكل بؤر شاحبة اللون أو صفراء يمكن أن تشمل الحقل بكامله، مع ذبول عام للنباتات وخاصة عند الظهيرة. وتشمل أعراض مرض الريزومانيا نمو جذور ليفية كثيفة ورهيفة تشبه اللحية على الجزء السفلي من الجذر، ومن هنا أتت التسمية بمرض جنون الجذر Root madness أو بالجذر الملتحي، و تكون الجذور المتدرنة صغيرة الحجم، ويبين المقطع الطولي فيها تلوناً أصفر باهتاً أو بني داكن للأوعية الناقلة. كما تشمل الأعراض أيضاً تقزم النبات، وشحوب الأوراق، واصفرار العروق وتنكرزها، وتمتاز أوراق النباتات المصابة بأعناق طويلة نسبياً وأنصال ضيقة (الشكل 1-44). ويرافق ذلك ازدياد في نسبة أملاح الصوديوم والبوتاسيوم وانخفاض كمية المادة الجافة.

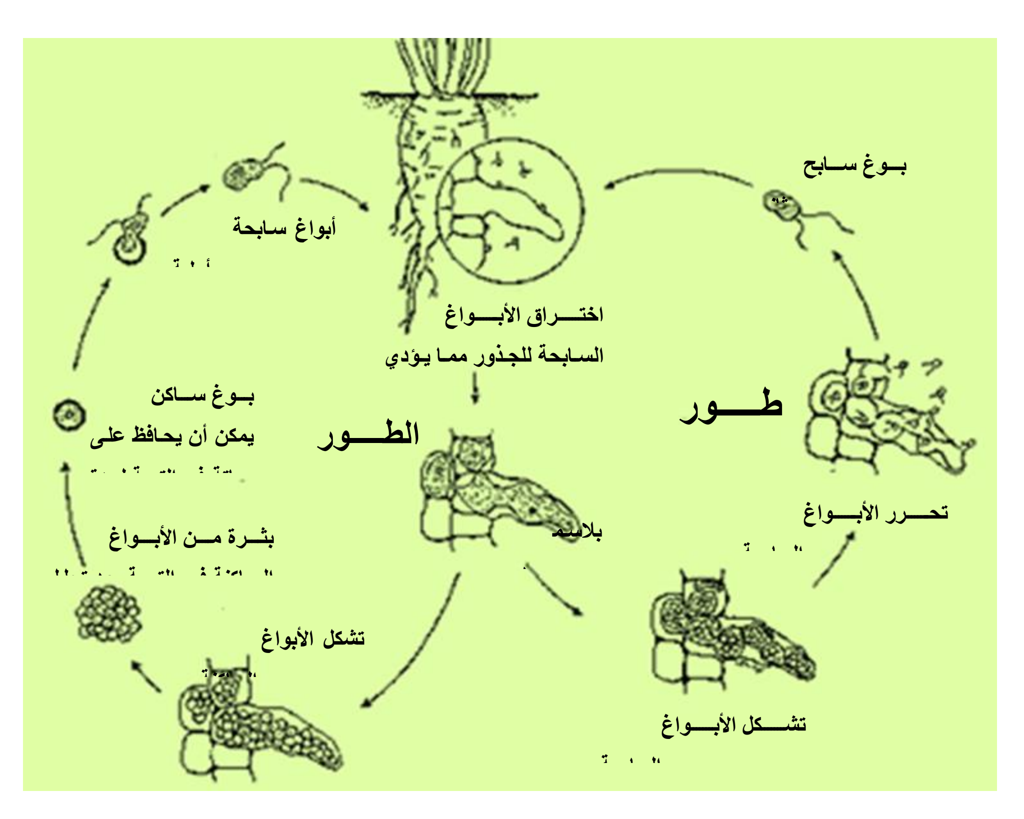


الشكل 1-44: أعراض الإصابة بمرض الريزومانيا على الشوندر السكري: (A) أوراق النباتات المصابة صفراء وذات أعناق طويلة وأنصال ضيقة. (B) اصفرار عروق أوراق النباتات المصابة. (C) جذور كثيفة ورهيفة تشبه اللحية. (D) مقطع طولي في الجذر يبين تلون الأوعية الناقلة.

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس بالعدوى الميكانيكية، ولكن الناقل الأساسي لهذا الفيروس هو الفطر المخاطي *Polymyxa betae* الذي يتبع لصف الفطريات المخاطية النباتية Plasmodiophoromycetes . ويمكن أن يحافظ الفيروس على حيويته في التربة لعدة

سنوات في الأبواغ الساكنة للفطر، وعندما تنبت الأبواغ الساكنة تعطي أبواغاً سابحة ثنائية السياط، حيث تخترق جذور الشوندر حاملة معها الفيروس الذي يحدث العدوى، ويتحول البوغ داخل الجذر إلى أميبة هلامية تنمو لتشكل بلاسموديوم، يتحول بعد ذلك إلى كيس بوغي يحرر أبواغاً سابحة ثانوية، تخرج من الجذور لتحدث الإصابة على جذور نباتات جديدة ناشرة بذلك المرض الفيروسي، وفي نهاية الموسم يتحول البلاسموديوم إلى كتلة من الأبواغ الساكنة التي تتحرر في التربة بعد تحلل الجذور.

يتطلب انتقال الأبواغ السابحة في التربة وجود رطوبة عالية، لهذا فإن المرض يشتد في الترب الثقيلة والغدقة وسيئة الصرف. كما أن نشاط الفطر ينخفض في الترب الحامضية، وتناسبه عادة الترب المعتدلة أو المائلة قليلاً إلى القلوية (pH=7 – 8).



الشكل 1-45: دورة حياة الفطر *Polymyxa betae* الناقل الرئيس لمرض الريزومانيا على الشوندر السكري.

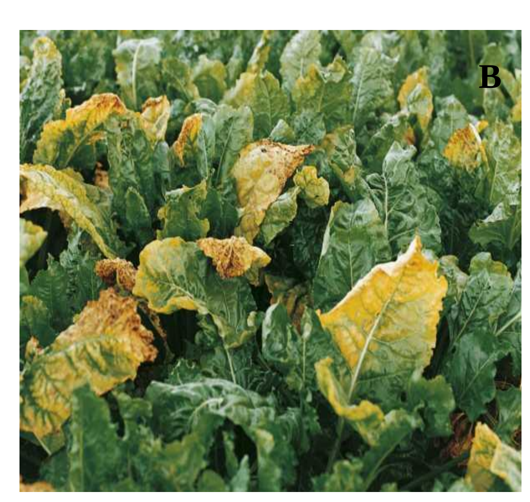
الوقاية: تجنب نقل الترب الملوثة بأبواغ الفطر، وتجنب الري الزائد والاهتمام بعملية الصرف في الترب الغدقة للتخفيف من رطوبة التربة، والعناية بعمليات الخدمة الجيدة. استنباط وزراعة الأصناف المقاومة. الدورة الزراعية غير مجدية لقدرة الأبواغ الساكنة على المحافظة على حياتها لأكثر من 15 سنة.

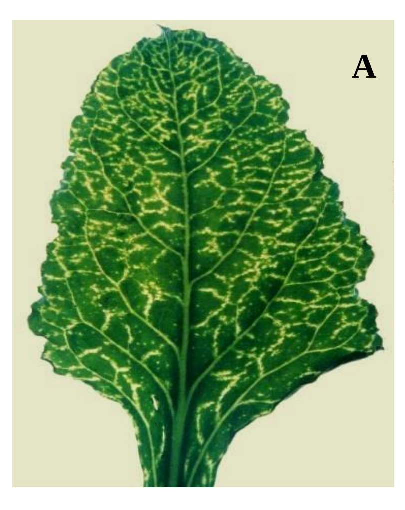
اصفرار الشوندر Beet yellows

ينتشر في مناطق زراعة الشوندر السكري في العالم. ويصيب بشكل أساسي نباتات العائلة السرمقية Chenopodiaceae .

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس BYV للجنس *Closterovirus* والفصيلة Closteroviridae. الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة طولها 1350 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تبدي الأوراق الفتية اصفراراً وشفافية عروق، أما الأوراق القديمة فتبدو شديدة الاصفرار، وتظهر عليها بقع ميتة (تنكرز) (الشكل 1-46).





الشكل 1-46: أعراض الإصابة بفيروس اصفرار الشوندر السكري: (A) اصفرار العروق في الأوراق الفتية. (B) اصفرار وتنكرز الأوراق القديمة.

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس بواسطة العديد من أنواع المن بالطريقة نصف المثابرة، وأهمها منّ الدراق الأخضر *Myzus persicae*، ومنّ الفول *Aphis fabae*، وينتقل بصعوبة بالعدوى الميكانيكية.

من المفيد مكافحة حشرات المن الناقلة للفيروس، والتخلص من نباتات الشوندر المصابة.

الاصفرار الغربي للشوندر Beet western yellow

يعتبر أكثر فيروسات الشوندر انتشاراً، ومنه سلالات عديدة منها مايعرف في أوروبا باسم فيروس الاصفرار المعتدل Beet mild yellowing virus، ويشمل المجال العوائلي أكثر من 150 نوعاً نباتياً تنتمي إلى 23 فصيلة نباتية. وهناك شيء من التخصص في سلالات الفيروس، والكثير منها لايصيب الشوندر.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس BWYN للجنس *Polerovirus* والفصيلة Luteoviridae. الجسيمات الفيروسية متساوية الأبعاد قطرها 26 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: شحوب واصفرار أوراق النباتات المصابة وتبقعها، وتقزم النبات، وعادة ما يبدأ الاصفرار على حواف الورقة، وقد تتداخل الأعراض فيما بعد مع أعراض الإصابة بالفيروس السابق BYV ، وكثيراً ماتصاب الأوراق المصفرة فيما بعد بتبقعات فطرية ناجمة عن *Alternaria alternata* أو *A.brassicae*. كما يسبب الفيروس خسائر كبيرة عالمياً على محصول الحمص، وتؤدي الإصابة إلى شحوب واصفرار النباتات.

طرائق الانتقال: ينتقل هذا الفيروس أيضاً بعدة أنواع من المن أهمها منّ الدراق الأخضر بالطريقة المثابرة، كما يختزن الفيروس في كثير من أنواع النباتات المزروعة والبرية والأعشاب الضارة، مما يجعل من المتعذر مكافحته بإزالة مصادر العدوى. وتتوفر الآن أصناف من الشوندر مقاومة له بدرجات معقولة.

التفاف قمة الشوندر Beet curly top

ينتشر في مناطق مختلفة من العالم، وله مجال مضيفي واسع جداً، إذ يصيب أكثر من 300 نوع نباتيّ تنتمي لـ 44 فصيلة من ثنائيات الفلقة، وبشكل خاص العائلة السرمقية والمركبة والصليبية والباذنجانية والبقولية، وله العديد من السلالات المتباينة في درجة شراستها وتخصصها المضيفي، فبعض الأنواع قابلة للإصابة ببعض السلالات ومقاومة لبعضها الآخر.

الفيـروس المسـبب: يتبـع الفيـروس BCTV للجـنس *Curtovirus* والفصـيلة Geminiviridae. الجسيمات الفيروسية متساوية الأبعاد قطرها 20 نانومتراً، توجد مفردة أو في أزواج، وتحتوي على الحمض النووي DNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تظهر على هيئة شفافية عروق على الأوراق الفتية، والتفاف الأوراق نحو الأعلى والداخل (الشكل 1-47)، وانتفاخ وتضخم واضح للعروق مما يعطي السطح السفلي للأوراق ملمساً خشناً، وتتشكل غالباً قطرات من مفرزات لزجة على أعناق الأوراق والعروق الكبيرة، ويظهر في المقطع العرضي للجذور حلقات مركزية داكنة اللون.

طرائق الانتقال: ينحصر وجود الفيروس باللحاء، وينتقل الفيروس بنوعين من نطاطات الأوراق *Circulifer tenellus* في الولايات المتحدة الأمريكية، و *C.opacipennis* في منطقة حوض البحر المتوسط. ويتم الانتقال الحشري إما عن طريق أجزاء الفم، أو بالطريقة الدورانية أي أن الفيروس لا يتكاثر في الحشرة. ينتقل ميكانيكياً بصعوبة، ولا ينتقل بالبذور.

الوقاية: استنباط وزراعة أصناف مقاومة، ومكافحة الناقل الحشري، وإزالة مصادر العدوى أي النباتات المصابة، علماً بأن هذا الفيروس هام أيضاً على البطاطا والبندورة.



الشكل 1-47: أعراض الإصابة بفيروس التفاف قمة الشوندر السكري، حيث تلاحظ الأوراق ملتفة نحو الأعلى والداخل.

الأمراض الفيروسية على القرعيات

أكدت بعض المراجع وجود ما يقارب 30 مرضاً فيروسياً على القرعيات منتشرة في جميع أنحاء العالم (Kyle, 1993)، وتتوزع فيروسات القرعيات الأكثر انتشاراً ضمن ثلاث فصائل أساسية:

Family	Bromoviridae	Potyviridae	Comoviridae
Genus	*Cucumovirus*	*Potyvirus*	*Comovirus*
Virus	CMV	ZYMV, PRSV, WMV	SqMV

أهم الصفات المميزة لفيروسات القرعيات:

1- تبدو الأعراض الظاهرية بشكل عام على شكل تبرقش والتواء وتكرنش على الأوراق.

2- تمتلك بعض الفيروسات خاصية الانتقال عن طريق البذور مثل فيروس (SqMV).

3- غالبيتها لها مضيفات عشبية تشكل مصدراً للعدوى في بداية الموسم.

4 - جميعها تنتقل عن طريق حشرات المن، وينتقل البعض منها عن طريق خنافس القرعيات.

5- تحدث أضراراً أكبر في الزراعات المكشوفة منها في الزراعات المحمية.

6- هناك بعض الأصناف التجارية مقاومة للإصابات الفيروسية مثل بعض أصناف اليقطين والقرع.

الوقاية من الإصابة بالأمراض الفيروسية على القرعيات بشكل عام

1- الحصول على بذار سليم خال من الفيروسات

2- زراعة أصناف مقاومة للأمراض الفيروسية إن وجدت.

3- مكافحة النواقل الحشرية وبشكل خاص حشرات المن.

4- مكافحة الأعشاب الضارة التي تصاب بهذه الفيروسات وتشكل مصدراً للعدوى.

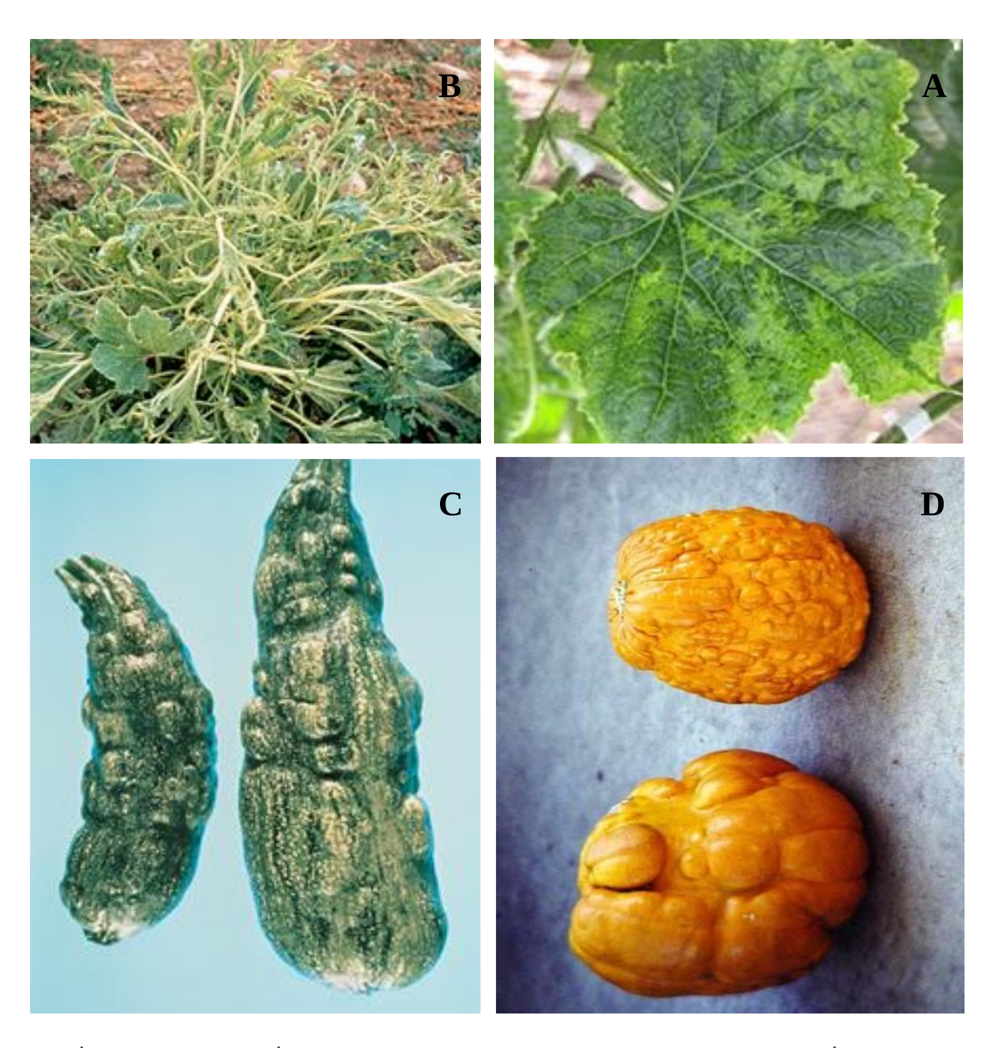
5- إتباع دورة زراعية مناسبة يمكن أن يقلل من انتشار المرض .

الموزاييك الأصفر على الكوسا Zucchini yellow mosaic

يصيب العديد من نباتات العائلة القرعية مثل الخيار والقرع واليقطين والبطيخ الأحمر والأصفر، إضافة إلى العديد من أنواع القرعيات البرية. وهناك عدد قليل جداً من النباتات غير القرعية التي تصاب أيضاً بهذا الفيروس. ويعد ZYMV واحداً من أهم الأمراض الفيروسية التي تصيب القرعيات، فإذا حدثت الإصابة قبل تشكل الثمار، فإن الفقد بالمحصول يمكن أن يصل إلى 95 %.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس ZYMV للجنس *Potyvirus* والفصيلة Potyviridae . الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة طولها 750 نانومتراً وعرضها 12 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة. ولهذا الفيروس عدة سلالات تختلف بشراستها، وبشدة الأعراض التي تسببها على النباتات المصابة.

الأعراض: تظهر على هيئة تبرقش وتشوه واصفرار وصغر حجم الأوراق، كما يمكن أن تأخذ أوراق النباتات المصابة الشكل الخيطي. وتكون النباتات المصابة متقزمة. كما تكون الثمار صغيرة الحجم، وعلى سطحها ثآليل بارزة حيث تبدو مشوهة الشكل، وملونة بشكل غير منتظم (الشكل 1-48).



الشكل 1-48: أعراض الإصابة بالفيروس ZYMV . (A) تبرقش على أوراق الكوسا. (B) أوراق خيطية في الكوسا. (C) أعراض الإصابة على ثمار الكوسا إذ تلاحظ الثمار مشوهة وعليها ثآليل بارزة وتبدي عدم انتظام في اللون. (D) أعراض الإصابة على اليقطين.

طرائق الانتقال: ينتقل بالعديد من أنواع المن بالطريقة غير المثابرة، ومنّ أهمها من القطن *Aphis gossypii* ومنّ الدراق الأخضر *Myzus persicae* ، ويمكن أن ينتقل بالنسغ عند ملامسة النباتات المصابة لنباتات سليمة مجروحة (انتقال ميكانيكي)، كما ينتقل بالبذور بنسب ضعيفة.

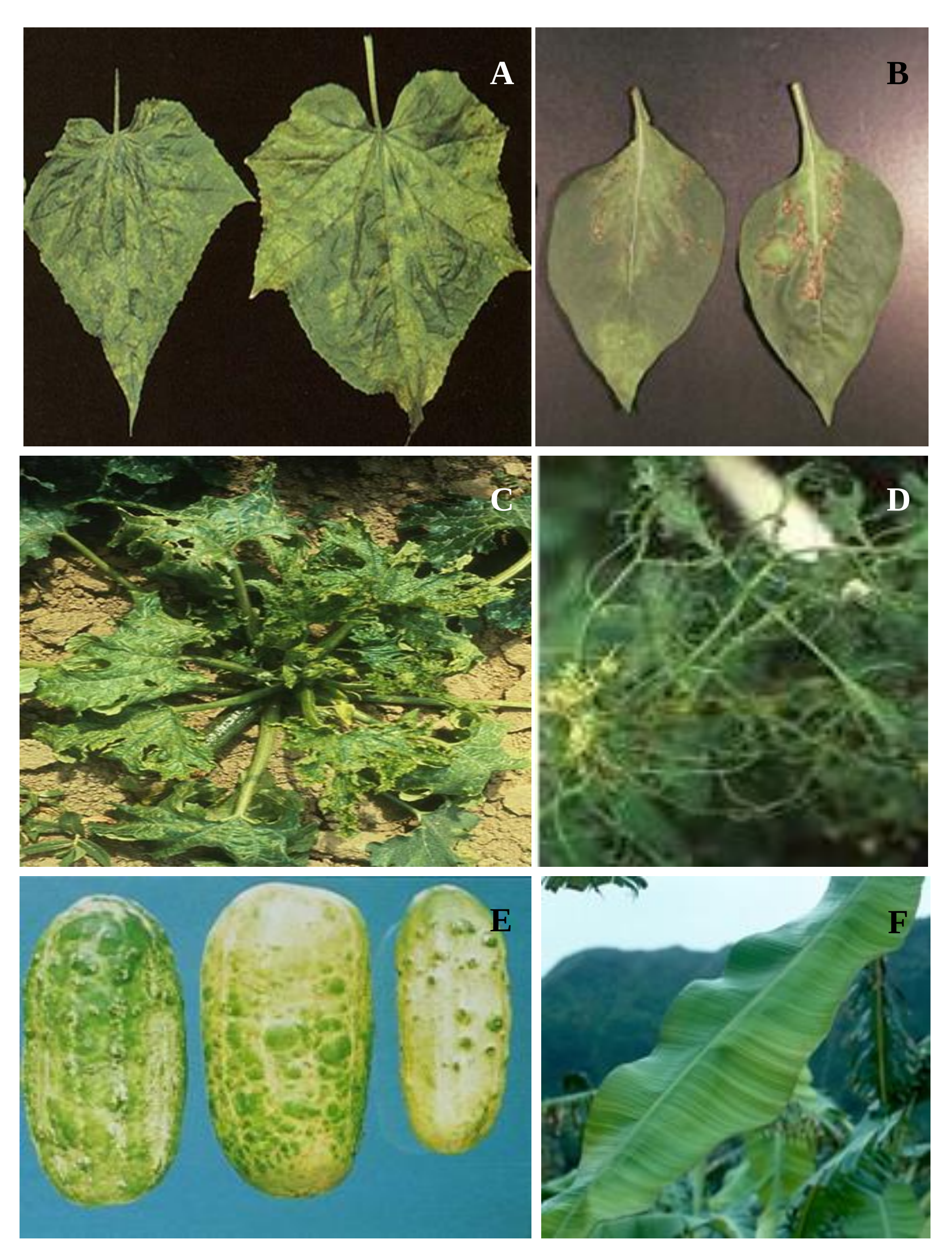
موزاييك الخيار Cucumber mosaic

ينتشر هذا المرض في جميع أنحاء العالم، وله مجال مضيفي واسع جداً، إذ إنه يصيب عدداً كبيراً من محاصيل الخضر ونباتات الزينة والأعشاب. فهو يصيب إضافة إلى الخيار كلاً من الكوسا والبندورة والفليفلة والكرفس والسبانخ والموز والشوندر والفاصولياء وغيرها. وقد سجل في سوريا على القرعيات والبقوليات والشوندر السكري.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس CMV للجنس *Cucumovirus* والفصيلة Bromoviridae . الجسيمات الفيروسية كروية متساوية الأبعاد بدون غلاف، قطرها 29 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة. ولهذا الفيروس عدة سلالات تختلف فيما بينها بالنباتات المضيفة وبأعراض الإصابة وبشراستها.

الأعراض: تبدو أوراق نباتات الخيار المصابة قليلة العدد، وصغيرة الحجم، ومبرقشة ومشوهة ومجعدة، وتأخذ حوافها بالالتفاف نحو الأسفل. وتظهر النباتات المصابة متقزمة نتيجة قصر السلاميات، وتحمل عدداً قليلاً من الأزهار والثمار. ومع تقدم الإصابة، تظهر على حواف الأوراق بقع ميتة يمكن أن تمتد لتعم كامل سطح الورقة، مما يؤدي إلى سقوط معظم أجزائها. كما تبدو الثمار قليلة العدد ومشوهة، إذ يلاحظ وجود مناطق بلون أخضر باهت أو أبيض متداخلة مع مناطق خضراء داكنة ومرتفعة قليلاً، وغالباً ما تكون ثمار الخيار المصابة ذات طعم مر ولا تصلح للاستهلاك المباشر أو للتخليل.

كما تصبح أوراق نباتات البندورة المصابة خيطية سرخسية الشكل. أما على الفليفلة، فتظهر الأعراض على شكل تشوه في الأوراق، وصغر حجمها، وقلة عرضها، وقد تلاحظ عليها مناطق ميتة أو نكروزية بلون بني على شكل خطوط أو حلقات. كما تكون النباتات المصابة متقزمة لقصر السلاميات، وتظهر على الثمار بقع صفراء أو نكروزية (الشكل 1-49).



الشكل 1-49: أعراض الإصابة بفيروس CMV : (A) أوراق خيار مبرقشة ومشوهة ومتكرنشة. (B) حلقات وخطوط نكروزية على أوراق الفليفلة. (C) نبات كوسا مصاب إذ تلاحظ الأوراق مشوهة ومبرقشة وملتفة. (D) أوراق خيطية على نبات بندورة مصاب. (E) ثمار مصابة تبدي تداخلاً بين مناطق خضراء داكنة بارزة ومناطق خضراء فاتحة أو بيضاء. (F) أعراض الإصابة على الموز.

طرائق الانتقال: ينتقل هذا الفيروس بأكثر من 60 نوعاً من حشرات المن بالطريقة غير المثابرة، ومن أهمها من الدراق الأخضر ومن القطن ومن البازلاء. كما ينتقل ميكانيكياً، إذ يلاحظ انتشار سريع للمرض بعد القطفة الأولى مباشرة، وهذا ما يشير إلى سهولة انتقال هذا الفيروس عن طريق عصارة النباتات المصابة إلى النباتات السليمة بأيدي العمال وملابسهم. وينتقل الفيروس أيضاً عن طريق النباتات الزهرية المتطفلة (الحامول)، كما يمكن أن ينتقل بواسطة البذور بنسب مختلفة تبعاً لنوع النبات المزروع والسلالة الفيروسية.

موزاييك الكوسا Squash mosaic

يصيب هذا الفيروس القرعيات (الكوسا و الخيار واليقطين والقرع والشمام)، كما يصيب عدداً محدوداً من نباتات الفصائل النباتية الأخرى مثل البازلاء والكزبرة والبقدونس والخس الإفرنجي، ولم تلاحظ إصابة البطيخ الأحمر بهذا الفيروس.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس SqMV للجنس *Comovirus* والفصيلة Comoviridae . الجسيمات الفيروسية مكونة من ثلاث جزيئات متساوية الأبعاد قطرها 30 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة. وللفيروس سلالتان مختلفتان؛ السلالة الأولى (Strain 1) أكثر شراسة على الشمام، وضعيفة على الكوسا، بينما تكون السلالة الثانية (Strain 2) بعكس السلالة الأولى أكثر شراسة على الكوسا.

الأعراض: تبدو النباتات المصابة بالفيروس SqMV متقزمة بشكل عام، والأوراق مشوهة ومبرقشة، والثمار مشوهة وغير صالحة للتسويق، كما يلاحظ على ثمار الشمام زوال التخططات الشبكية على سطحها (الشكل 1-50).



الشكل 1-50: أعراض الإصابة بفيروس SqMV . (A) تبرقش وتصلب في نسيج الورقة . (B) تشوه وزوال التخطط الشبكي على سطح ثمار الشمام.

طرائق الانتقال: ينتقل بالحشرات القارضة مثل خنفساء الخيار المخططة *Acalymma trivittata* ، وخنفساء الخيار المنقطة *Diabrotica undecimpunctata* ، وينتقل ميكانيكياً، كما ينتقل بالبذور بنسب مختلفة تبعاً للنوع النباتي والسلالة الفيروسية، ولا ينتقل بحبوب الطلع.



الشكل 1-51: حشرات قارضة ناقلة للفيروس SqMV . (A) خنفساء الخيار المنقطة. (B) خنفساء الخيار المخططة.

التبقع الحلقي على الباباظ Papaya ring spot

يعد فيروس التبقع الحلقي على الباباظ واحداً من أكثر الأمراض الفيروسية تدميراً لأشجار الباباظ، فقد أصبحت زراعة الباباظ في العديد من دول العالم غير ممكنة بسبب وجود هذا المرض. ويصيب هذا الفيروس، بالإضافة إلى الباباظ، القرعيات (الكوسا واليقطين والخيار والبطيخ)، ولهذا فقد عرف سابقاً بفيروس موزاييك البطيخ Watermelon mosaic virus (WMV) .

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس PRSV للجنس *Potyvirus* والفصيلة Potyviridae. الجسيمات الفيروسية خيطية طولها 800 نانومتراً، وعرضها 12 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة. ولهذا الفيروس سلالتان: السلالة P (PRSV-P) التي تصيب الباباظ والقرعيات، والسلالة W (PRSV-W) التي تصيب القرعيات فقط.

الأعراض: تظهر على الأشجار بعد 2 -3 أسابيع من حدوث العدوى، إذ يلاحظ تشوه وتبرقش كثيف على الأوراق، وقد تصبح ضيقة وخيطية الشكل. و تلاحظ على الثمار حلقات صغيرة خضراء داكنة (الشكل 1-52). كما يلاحظ وجود بقع زيتية على الساق. وتبقى الأشجار الفتية المصابة متقزمة، ولا تنتج أية ثمار.

وتظهر أعراض الإصابة على القرعيات على هيئة تبرقش وتشوه الأوراق، وحلقات متداخلة متحدة المركز على الثمار، كما تظهر الثمار المصابة مشوهة.

طرائق الانتقال: ينتقل ميكانيكياً، كما ينتقل بواسطة عدة أنواع من حشرات المن بالطريقة غير المثابرة، ومن أهمها مَنّ الدراق الأخضر ومَنّ البطيخ، ولم يثبت انتقاله عن طريق البذور.

الوقاية: زراعة أصناف مقاومة أو متحملة، ومكافحة حشرات المن الناقلة للفيروس. وقد أمكن الحصول على نتائج جيدة باستخدام الحماية المتصالبة، حيث تم حقن أشجار الباباظ بسلالات ضعيفة من الفيروس PRSV. كما كانت النتائج مشجعة باستخدام الهندسة الوراثية عن طريق إدخال المورثة المشفرة للغلاف البروتيني للفيروس PRSV إلى أشجار الباباظ.



الشكل 1-52: أعراض الإصابة بالفيروس PRSV . (A) تبرقش أو موزاييك على أوراق الباباظ. (B) أوراق خيطية في الباباظ. (C) تبرقش وتشوه الأوراق في القرعيات. (D) حلقات متداخلة متحدة المركز على ثمار البطيخ.

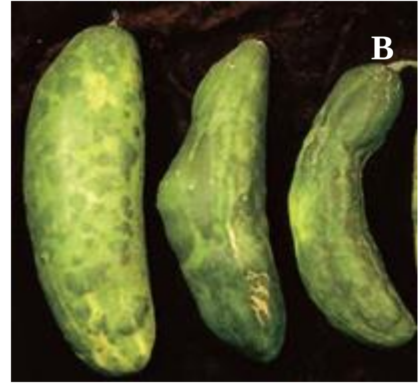
موزاييك البطيخ Watermelon mosaic

يتنشر المرض في كل أنحاء العالم، والمجال المضيفي لـه واسع جداً، إذ إنـه يصيب أكثر من 160 نوعاً من ثنائيات الفلقة تتبع لـ 23 فصيلة نباتية، فهو يصيب كل أنواع القرعيات (الشمام والخيار واليقطين والكوسا والبطيخ)، كما يصيب عدة أنواع من الفصيلة البقولية والخبازية والسرمقية ونباتات الزينة والأعشاب. وكان هذا الفيروس يعرف سابقاً بفيروس موزاييك البطيخ -2 (WMV-2) لتمييزه عن الفيروس (WMV-1) الذي يعرف حالياً بفيروس التبقع الحلقي على البابااظ (PRSV).

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس WMV للجنس *Potyvirus* الفصيلة Potyviridae . الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة طولها 760 نانومتراً وعرضها 12 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تظهر على هيئة تبرقش وتشوه الأوراق. ويمكن أن تصبح الأوراق خيطية، وتبدو الثمار مشوهة، وتظهر عليها أعراض موزاييك (الشكل 1-53).





الشكل 1-53: أعراض الإصابة بفيروس موزاييك البطيخ . (A) تبرقش وتشوه في أوراق البطيخ الأحمر. (B) تبرقش وتشوه ثمار الخيار.

طرائـق الانتقـال: ينتقل الفيـروس بالعـدوى الميكانيكيـة. كمـا ينتقـل بواسـطة أكثـر مـن 38 نوعاً من حشرات المن بالطريقة غير المثابرة، ومنّ أهمها مَنّ الدراق الأخضر. لا ينتقل ببذور القرعيات.

الأمراض الفيروسية على الباذنجانيات

موزاييك التبغ Tobacco mosaic

الفيروس عالمي الانتشار، وهو أول فيروس اكتشف في التاريخ (1886). يصيب التبغ والبندورة، ونباتات أخرى معظمها من العائلة الباذنجانية.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس TMV للجنس *Tobamovirus* . الجسيمات الفيروسية عصوية أبعادها (300 X 15 نانومتراً)، والحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة. وله عدة سلالات، وتصنف حالياً السلالات التي تصيب البندورة كفيروس مستقل Tomato mosaic virus.

الأعراض: تختلف الأعراض التي يسببها باختلاف النبات المضيف وعمره، والسلالة الفيروسية، والظروف البيئية. وتشمل الأعراض تبرقش وتشوه وتجعد، وأحياناً تنكرز الأوراق، وتقزم واصفرار النبات. ومن أكثر الأعراض انتشاراً على نبات التبغ ظهور مناطق مبرقشة ذات لون أخضر داكن وأخضر فاتح على الأوراق (الشكل 1-54). وتظهر الأعراض على البندورة على هيئة موزاييك على الأوراق، كما تصبح الوريقات ضيقة، وقد تأخذ الشكل الخيطي. ويلاحظ تشوه الثمار، وعدم انتظام تلونها، مع وجود تلون بني داخل الثمار.

طرائق الانتقال: يمتاز فيروس موزاييك التبغ بثباتية عالية، لذلك يستطيع أن يمضي فترة الشتاء في أوراق وبقايا نباتات التبغ المتبقية في التربة، أو على سطوح البذور الملوثة. ويمكن أن يبقى لسنوات عديدة في السجائر. وينتقل الفيروس بسهولة بواسطة الأيدي الملوثة والأدوات والآلات الزراعية. كما ينتقل ميكانيكياً، وبالاحتكاك بين النباتات، وينتقل بواسطة البذور بنسب مختلفة تبعاً للنوع النباتي، ولا ينتقل بواسطة حبوب الطلع.

ينتقل الفيروس من خلية إلى أخرى اعتباراً من نقطة الدخول، ويتضاعف داخل الخلايا النباتية، وعندما يصل إلى الأوعية اللحائية ينتقل عبرها جهازياً ليصيب النبات بالكامل.



الشكل 1-54: أعراض الإصابة بفيروس موزاييك التبغ TMV . (A و B) تبرقش وتجعد واصفرار أوراق التبغ. (C) تبرقش وتجعد والتفاف أوراق البندورة. (D) عدم انتظام التلون على ثمار البندورة.

الوقاية: عدم زراعة المحاصيل الحساسة في الحقول التي يوجد فيها المرض، وزراعة الأصناف المقاومة، والتخلص من النباتات المصابة ومن بقايا المحاصيل، وغسل الأيدي جيداً قبل ملامسة النباتات السليمة، والتخلص من الأعشاب المضيفة للفيروس، واتباع دورة زراعية مناسبة، ومنع العاملين في المشاتل والبيوت البلاستيكية من التدخين. ومن الممكن أيضاً تحصين نباتات البندورة بحقنها ببعض السلالات الضعيفة من الفيروس.

التبقع الحلقي على التبغ Tobacco ring spot

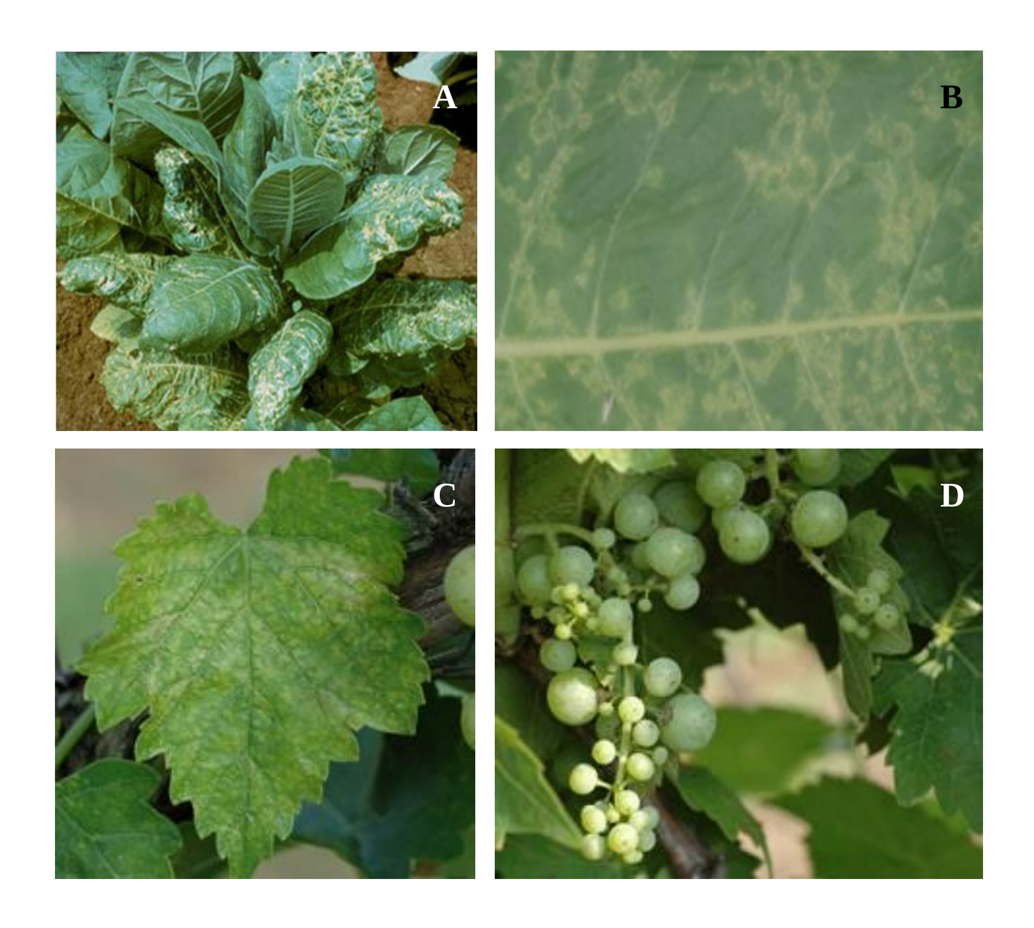
لهذا الفيروس مجال مضيفي واسع من النباتات العشبية والخشبية تتبع فصائل نباتية مختلفة، إذ يصيب الفاصولياء واللوبياء وفول الصويا والخيار والتبغ والباذنجان والكرمة والتفاح والكرز، وعدداً من نباتات الزينة والأعشاب، وقد سجل الفيروس على التفاح في جنوب سوريا (قواص، 2009).

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس TRSV للجنس *Nepovirus* والفصيلة Comoviridae . الجسيمات الفيروسية متساوية الأبعاد قطرها حوالي 28 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة، وترتبط بعض السلالات مع تابع فيروسي RNAs (RNA satellite).

الأعراض: من الأعراض المميزة للإصابة على التبغ ظهور حلقات شاحبة أو متنكرزة على الأوراق، ومن هنا جاءت تسمية الفيروس بالتبقع الحلقي. ويسبب على الكرمة أعراضاً شبيهة بتلك التي يسببها فيروس التبقع الحلقي على البندورة TomRSV، فكلاهما يمكن أن يؤدي إلى تدهور الكرمة بشكل عام، وتشمل الأعراض تبرقشاً أو خطوطاً صفراء على الأوراق، كما يمكن أن تبدو الأوراق مشوهة وأصغر من حجمها الطبيعي، وقصر في السلاميات، مما يؤدي إلى تقزم في الطرود وفي النبات بشكل عام، ولوحظ أن النباتات المصابة تصبح أكثر عرضة لخطر الصقيع. وتعطي الكرمة المصابة عناقيد صغيرة الحجم، تحمل حبات متفرقة، وغير متجانسة في الحجم (الشكل 1-55). وتجدر الإشارة هنا إلى أن هذه الأعراض غير نوعية، ويمكن أن تتسبب عن الإصابة بفيروسات أخرى.

طرائق الانتقال: ينتقل بالنيماتودا الخنجرية، كما ينتقل عن طريق أعضاء الإكثار الخضرية.

الوقايـة: زراعـة نباتـات سـليمة خاليـة مـن الإصــابة مـن مصــادر موثوقـة، وتعقيم أدوات التقليم بين كل شجرة وأخرى، وقلـع وحـرق النباتـات المصـابة، ومكافحـة النيمـاتودا الناقلـة للفيروس.



الشكل 1-55: أعراض الإصـابة بفيروس التبقـع الحلقـي علـى التبـغ TRSV . (A) بقـع حلقيـة شـاحبة ومتنكرزة وتشوه على أوراق التبغ. (B) بقع حلقية شاحبة على أوراق التبغ. (C) صـغر حجم الأوراق وتبرقشها في الكرمة. (D) عناقيد صغيرة ذات حبات متفرقة وغير منتظمة الحجم.

تجعد واصفرار أوراق البندورة (الزعترة)

Tomato yellow leaf curl

يعد من أخطر الأمراض الفيروسية على البندورة في العديد من مناطق زراعتها في العالم، وانتشر في سوريا بشكل وبائي في منتصف الثمانينات من القرن العشرين في الزراعات المحمية في الساحل السوري. يشمل المجال المضيفي لهذا الفيروس نباتات من عدة فصائل نباتية منها الباذنجانية (بندورة وفليفلة)، والخبازية، والبقولية (الفاصولياء).

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس TYLCV للجنس *Begomovirus* والفصيلة Geminiviridae. تتألف الجسيمات الفيروسية من اتصال غير كامل لجسيمين متساويي الأبعاد بقطر20 نانومتراً، وتحتوي على جزيئة ssDNA حلقية وحيدة السلسلة، بينما يتألف جينوم الفيروسات الأخرى من المجموعة Geminiviruses التي تنتقل بالذبابة البيضاء من جزيئتي ssDNA .

الأعراض: تشمل الأعراض النموذجية لهذا الفيروس على البندورة، شحوب واصفرار حواف الوريقات، والتفافها نحو الأعلى والداخل، وسقوط الأزهار، وتأخذ الأوراق المتشكلة بعد العدوى مباشرة شكل الفنجان (الشكل 1-56). يبقى النبات المصاب بشكل عام متقزماً، وتكون السيقان الرئيسة والعرضية منتصبة ومتصلبة وتأخذ زوايا حادة على الساق الرئيسة، مع توقف نمو قمة النبات، وقصر السلاميات، وتحمل أوراقاً صغيرة الحجم ومشوهة شبيهة بأوراق نبات الزعتر البري، ومن هنا جاءت تسمية المرض محلياً بالزعترة. وعندما تصاب النباتات في مرحلة مبكرة، تبقى شديدة التقزم، ولا تستطيع أن تعطي ثماراً، وإذا تشكلت الثمار تكون صغيرة وجافة وغير صالحة للتسويق.



الشكل 1-56: أعراض الإصابة بفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة TYLCV . (A) شحوب واصفرار حواف الوريقات والتفافها نحو الأعلى. (B) يأخذ نبات البندورة المصاب شكل نبات الزعتر البري (ظاهرة الزعترة).

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس بالذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* بالطريقة المثابرة، كما ينتقل بالتطعيم، وبواسطة الحقن الميكانيكي، ولا ينتقل عن طريق احتكاك النباتات المصابة مع السليمة، ولا ينتقل بالبذور.

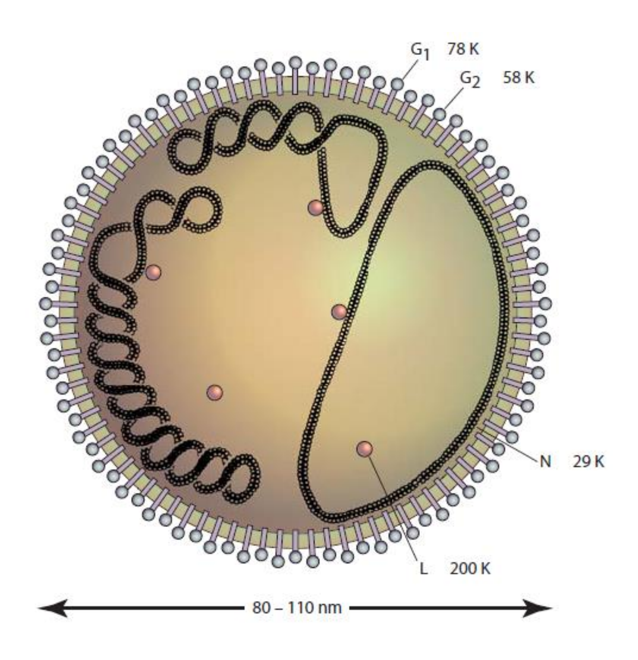
الوقاية: يعد هذا المرض صعب المكافحة، خاصة وأن معظم الأصناف التجارية المزروعة قابلة للإصابة. ولكن أمكن الحصول على هجن مقاومة، بعد العثور على بعض مورثات المقاومة في أنواع من البندورة البرية، وإدخالها في برامج التربية والتحسين الوراثي، ومن هذه الهجن مايستخدم حالياً في الزراعة المحمية في سوريا.

إن مكافحة الذبابة البيضاء باستخدام المبيدات الحشرية والزيوت المعدنية مكلفةً وقليلة الفاعلية لإمكانية انتقال الحشرة من الزراعات المجاورة. لذلك من المفيد اتخاذ إجراءات وقائية أكثر فاعلية كاختيار مواعيد زراعة تكون فيها أعداد الحشرة أقل ما يمكن، ووضع الأغطية الشبكية (القماشية) على مداخل الدفيئات لمنع دخول الحشرة، وترك فترات زمنية مناسبة بين الزراعات القديمة المصابة والزراعات الجديدة.

الذبول التبقعي على البندورة Tomato spotted wilt

ينتشر المرض في معظم مناطق زراعة البندورة في العالم، وله مجال مضيفي واسع، فهو يصيب إضافة إلى البندورة كلاً من الفليفلة والباذنجان والتبغ والكرفس والخس والفول السوداني والأناناس، والعديد من البقوليات ونباتات الزينة والأعشاب.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس TSWN للجنس *Tospovirus* والفصيلة Banyaviridae . الجسيمات الفيروسية كروية مغلفة، يتراوح قطرها من 80 إلى 100 نانومتراً. يتألف جينوم الفيروس من ثلاث جزيئات خيطية من الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة على شكل حلقات يمكن أن تكون ملتفة، ترتبط بشكل وثيق مع بروتين الغلاف النووي الداخلي N (K 29)، ويحتوي غلاف الغشاء الدهني على نوعين من الغليكوبروتينات G1 (K 78) و G2 (K 58). إضافة إلى عدد قليل من الجزيئات الضخمة L (K 200)، التي يحتمل أن تكون إنزيم النسخ Transcriptase الفيروسي.



الشكل 1-57: تركيب الجزيئة الفيروسية لفيروس الذبول التبقعي على البندورة. N : بروتين الغلاف النووي الداخلي، G1 و G2: غليكوبروتينات، L : جزيئات بروتينية ضخمة.

الأعراض: تظهر على الأوراق الحديثة بقع صغيرة بنية داكنة، مما يؤدي إلى تحول لون الأوراق إلى البرونزي، ومن ثم تموت. وتظهر على السوق خطوط بنية داكنة، ويمكن أن يكون نمو النبات من جهة واحدة، أو يظهر تقزم على النبات بالكامل، وموت تراجعي للقمم النامية. وتظهر على الثمار بقع أو تلونات صفراء أو حمراء متباينة في درجتها.





الشكل 1-58: أعراض الإصابة بفيروس الذبول التبقعي على البندورة TSWV . (A) تلون برونزي على الأوراق. (B) تلونات بدرجات متباينة على الثمار.

طرائق الانتقال: ينتقل عن طريق سبعة أنواع على الأقل من حشرات التربس، كما ينتقل بالتطعيم، وعن طريق البذور.

التبقع الحلقي على البندورة Tomato ring spot

الفيروس عالمي الانتشار، قليل الأهمية على البندورة، ولكنه يصيب العديد من الأنواع النباتية الأخرى مثل التفاح واللوزيات والكرمة وتوت العليق والفريز، مسبباً لها خسائر فادحة.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس TomRSV للجنس *Nepovirus* والفصيلة Nepoviridae . الجسيمات الفيروسية متساوية الأبعاد قطرها 28 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

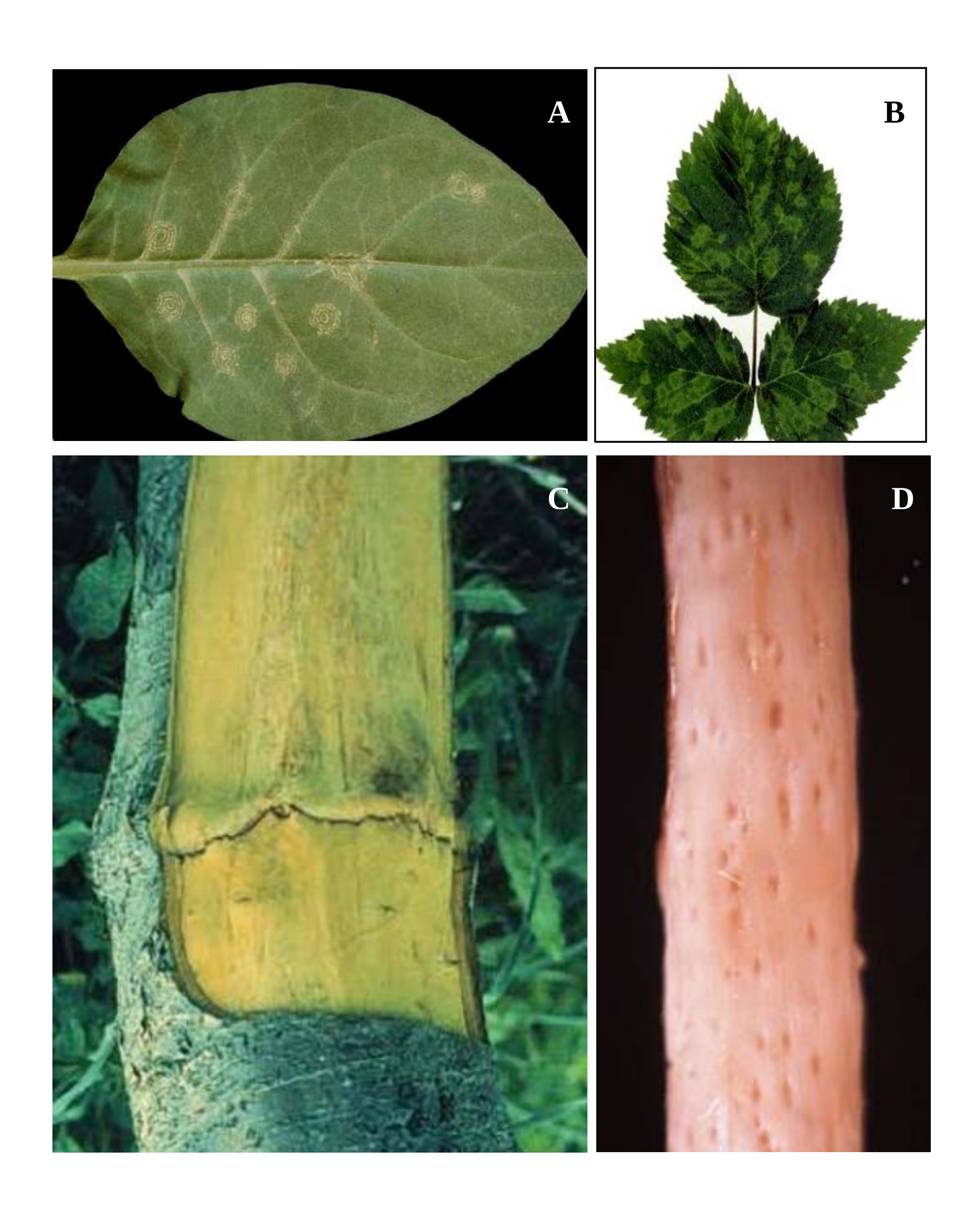
الأعراض: يسبب فيروس التبقع الحلقي على البندورة غالباً أعراض موزاييك، وتبقعاً حلقياً، ويترافق أحياناً مع أعراض تنكرز (تموت) بدرجات مختلفة، ولا يسبب عادة أعراضاً مميزة على أوراق الأشجار، فالإصابة تتركز عادة عند قاعدة الشجرة.

إن العرض الأكثر شيوعاً على التفاح هو تنقر سطحي للساق في منطقة اتحاد الطعم مع الأصل، مما يؤدي إلى تموت منطقة التطعيم. وهذا يحدث عادة عندما يتم تطعيم أصناف تفاح شديدة الحساسية على أصول متحملة للإصابة بالفيروس TomRSV مثل الأصل MM106 . تبدي الأشجار المصابة شحوباً واصفراراً في الأوراق، وموتاً تراجعياً للأفرع، وتدهوراً عاماً، وموت الشجرة خلال 3 – 5 سنوات من بدء ظهور الأعراض على منطقة التطعيم.

ويسبب الفيروس على الخوخ والكرز تنقراً شديداً على الطعم أو الأصل أو كليهما معاً، مما يؤدي إلى ظهور أعراض مشابهة لما ذكر سابقاً على التفاح. وقد تلاحظ ظاهرة التورد على الأشجار المصابة نتيجة قصر السلاميات، وصغر حجم الأوراق.

وعلى الكرمة، يمكن أن يلاحظ في السنة الأولى من الإصابة عدد قليل من الأوراق التي تبدي تبرقشاً واصفراراً في العروق. وفي السنة الثانية، تظهر عادة النموات الحديثة قليلة العدد ومتفرقة، لأن معظم البراعم المصابة تموت في الشتاء، وتكون هذه النموات متقزمة ذات سلاميات قصيرة، وتحمل أوراقاً صغيرة ومشوهة، وعناقيد صغيرة الحجم، وقليلة العدد ومتفرقة، وذات حبات غير منتظمة. وفي السنة الثالثة، يقتصر وجود النموات الحديثة على قاعدة الساق أو الفروع، وتبدو شديدة التقزم، وأخيراً تموت دوالي الكرمة. يدخل الفيروس إلى بساتين الكرمة عن طريق زراعة أصول مصابة، أو انتشار بذور نباتات عشبية حاملة للفيروس في البستان، ومن ثم تنتقل الإصابة ضمن البستان عن طريق النيماتودا.

وتبدو أوراق توت العليق المصابة مشوهة، وعليها بقع حلقية شاحبة، كما تعطي النباتات المصابة ثماراً مشوهة، وغير صالحة للتسويق.



الشكل 1-59: أعراض الإصابة بفيروس التبقع الحلقي على البندورة. (A) بقع حلقية على أوراق التبغ. (B) بقع حلقية على أوراق توت العليق. (C) تنكرز أو موت منطقة اتحاد الطعم مع الأصل في التفاح. (D) تنقر الساق في الكرز.



الشكل 1-60: أعراض الإصابة بفيروس التبقع الحلقي على البندورة. (E) بقع حلقية على أوراق الخوخ. (F) ظاهرة التورد في الكرز نتيجة قصر السلاميات وصغر حجم الأوراق وتشوهها. (G) اصفرار عروق أوراق الكرمة. (H) عنقود مصاب على اليمين وآخر سليم على اليسار.

طرائق الانتقال: ينتقل بواسطة النيماتودا الخنجرية *Xiphinema* ، كما ينتقل ميكانيكياً، وينتقل في بعض النباتات عن طريق البذور أيضاً، وبحبوب الطلع في فول الصويا

بعض الإجراءات أو التدابير الهامة للوقاية من الإصابة بفيروسات البندورة:

1- اختيار أرض المشتل في مكان لم يسبق زراعته بالبندورة المصابة، أو غيرها من العوائل النباتية التي تصاب بفيروسات البندورة، أو تعقيم تربة المشتل.

2- إزالة الحشائش الحولية لأنها قد تكون مصدراً للعدوى.

3- مكافحة حشرات المن والذبابة البيضاء والتربس برش المشتل بشكل دوري بالمبيدات الحشرية المناسبة.

4- اقتلاع البادرات المصابة وحرقها، كما يفضل اقتلاع النباتات المحيطة بالمصابة في المشتل لاحتمال إصابتها.

5- الاهتمام بالملابس عند فحص المشاتل، وغسل الأيدي أو لبس القفازات، وعدم ارتداء الملابس الواسعة التي تعمل على احتكاك النباتات بعضها ببعض، وكذلك تطهير الأيدي والأدوات المستعملة في محلول مطهر.

6- زراعة الهجن الحديثة المقاومة أوالمتحملة للإصابات الفيروسية.

7- استخدام بذار سليم من مصدر موثوق، ومرفق بشهادة صحية تثبت خلوه من الفيروسات.

8- اختيار الشتول الخالية من الحشرات عند نقلها إلى الأرض المستديمة.

9- عند الزراعة في الأرض الدائمة، يفضل اختيار حقول لم يسبق ظهور إصابات فيروسية فيها، وكذلك جمع مخلفات المحصول السابق وحرقها.

10- فرز الشتول قبل زراعتها في الأرض الدائمة، واستبعاد المصاب منها أو المشكوك في إصابته.

11- الفحص الدوري للحقل، واقتلاع النباتات المصابة وحرقها، مع أخذ الحذر من تلامسها مع النباتات السليمة حتى لاتتنقل العدوى.

12- الاهتمام بمكافحة النواقل الحشرية، وكذلك النيماتودا الناقلة لفيروسات البندورة.

التفاف أوراق البطاطا Potato leaf roll

لا يصيب هذا الفيروس إلا البطاطا، وينتشر في كل مناطق زراعة البطاطا في العالم، ويعد من أهم فيروسات البطاطا، وقد يسبب فقداً في المحصول يصل إلى أكثر من 90%.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس PLRV للجنس *Polerovirus* والفصيلة Luteoviridae . الجسيمات الفيروسية كروية متناظرة متساوية الأبعاد بدون غلاف، قطرها 24 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تظهر الأعراض الأولية للإصابة على شكل التفاف الأوراق العلوية، وتتحول غالباً إلى اللون الأصفر الشاحب، وقد تأخذ عند بعض الأصناف اللون البنفسجي أو الأحمر، وتصبح جلدية الملمس، وسهلة الكسر نتيجة تراكم المواد السكرية والنشاء فيها. كما يظهر النبات المصاب متقزماً، وتبدي الأوعية اللحائية تلونات بنية عند إجراء مقطع طولي أو عرضي في الساق. وتترافق الإصابة أيضاً مع صغر في حجم الدرنات، وتموت شبكي وتلون بني للأوعية الناقلة في الدرنة (الشكل 1-61).

أما الأعراض التي تظهر على النباتات الناتجة من زراعة درنات مصابة، فهي تختلف تبعاً للصنف، ولكنها تشمل بشكل عام التفاف الأوراق السفلية أو القاعدية، وشحوب الأوراق العلوية، وتقزم النباتات.

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس عن طريق درنات البطاطا المصابة، وينتقل في الحقل بواسطة أكثر من 10 أنواع من حشرات المن، وخاصة مَنّ الدراق الأخضر، بالطريقة المثابرة، وينتقل بالتطعيم، كما يمكن أن ينتقل بالحامول. لا ينتقل الفيروس ميكانيكياً، ولا عن طريق البذور أو بحبوب الطلع.

الوقاية: استخدام درنات خالية من الفيروس، والتخلص من الأعشاب والنباتات التلقائية التي تشكل مصدراً للعدوى، والكشف المبكر عن النباتات المصابة والتخلص منها، ومكافحة حشرات المن باستخدام المبيدات الحشرية المناسبة، واستخدام الأصناف

المقاومة، كما يمكن استخدام المعاملة الحرارية للدرنات باعتبار أن الفيروس PLRV هو الوحيد من بين فيروسات البطاطا الذي يمكن التخلص منه بالحرارة.



الشكل 1-61: أعراض الإصابة بفيروس التفاف أوراق البطاطا PLRV . (A) التفاف الأوراق العلوية. (B) تموت شبكي في الأوعية الناقلة في الدرنة. (C) تقزم النبات والتفاف الأوراق السفلية.

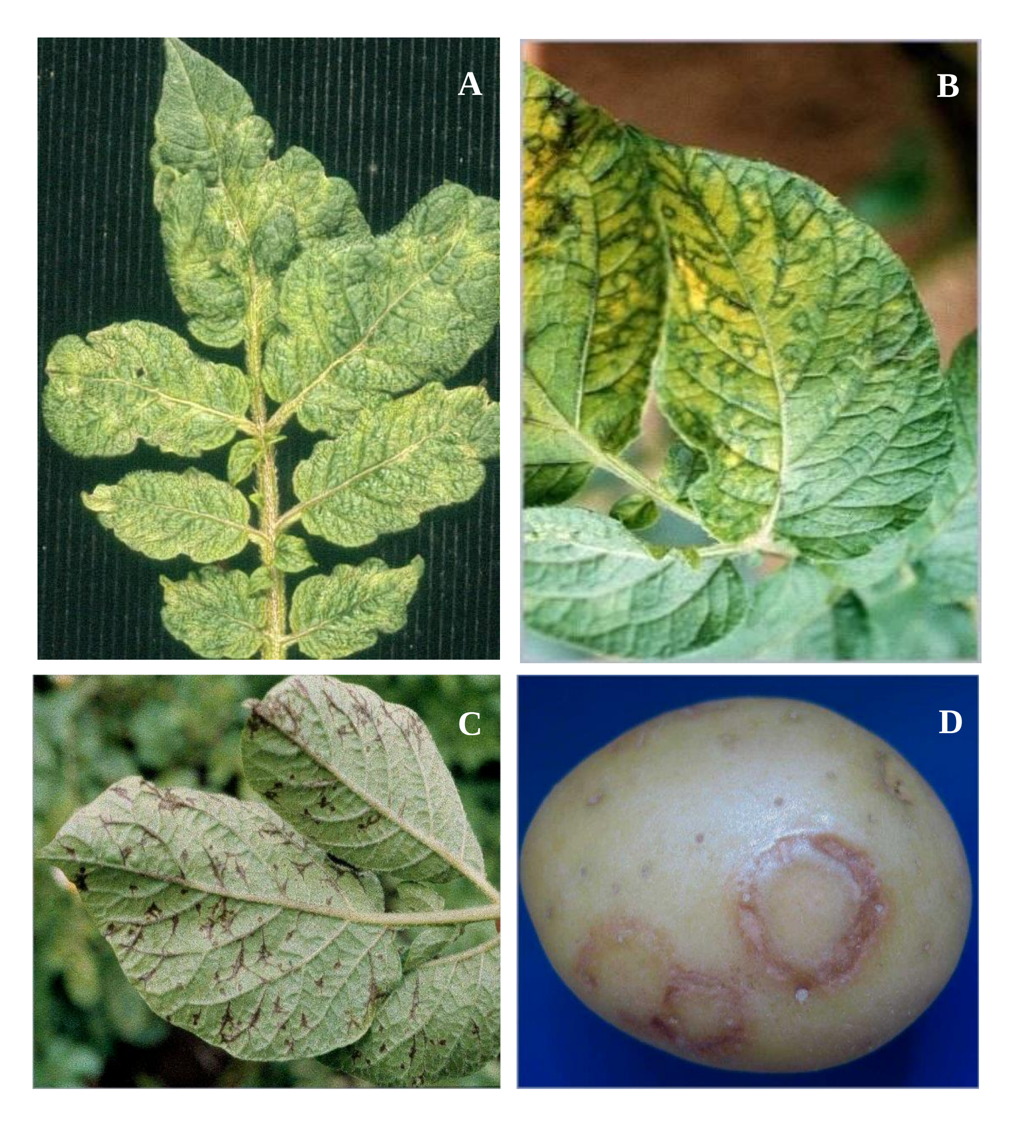
فيروس البطاطا Y (PVY) Potato virus Y

فيروس البطاطا Y عالمي الانتشار، ويسبب خسائر اقتصادية هامة، فهو من الفيروسات شديدة الخطورة على البطاطا، ويحتل المرتبة الثانية بعد فيروس التفاف الأوراق من ناحية الأضرار. ويصيب أيضاً الفليفلة والبندورة والتبغ، ويسبب لها خسائر كبيرة قد تصل إلى 80 % من الإنتاج، كما يصيب بعض الأعشاب من الفصيلة الباذنجانية، وبعض نباتات الزينة مثل البيتونيا.

الفيروس المسبب: يتبع الفيروس PVY للجنس *Potyvirus* والفصيلة Potyviridae . الجسيمات الفيروسية خيطية مرنة غير مغلفة، طولها 730 -740 نانومتراً، وعرضها 11 – 12 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة، ولهذا الفيروس عدة سلالات في الطبيعة، أكثرها انتشاراً السلالة الشائعة PVY^{O} ، التي توجد في معظم مناطق زراعة البطاطا في العالم، وبشكل أقل سلالة النخر PVY^{N} ، وقد سجلت خسائر وصلت إلى 40 – 70 % عند الإصابة بالسلالة PVY^{O}، إضافة إلى سلالة التخطط PVY^{C} ، وسلالة تموت الدرنات PVY^{NTN} .

الأعراض: تختلف الأعراض المتسببة عن الفيروس PVY تبعاً للسلالة الفيروسية، والصنف النباتي، والظروف البيئية، ومصدر العدوى فيما إذا كانت أولية عن طريق حشرات المن أو ثانوية من زراعة درنات مصابة. ولكن بشكل عام، تشمل أعراض الإصابة بالسلالتين PVY^{O}و PVY^{C} اصفرار أو تبرقش وتشوه الأوراق، وحلقات أو بقع متموتة على الأوراق، واصفرار وتموت العروق، وخطوط متموتة على الساق. ويمكن أن تؤدي الإصابة بهاتين السلالتين إلى نمو شجيري في قمة النبات، مع وجود عدد قليل من الأوراق في أسفل الساق، بينما تسبب السلالة PVY^{N} تبرقشاً أكثر اعتدالاً على الأوراق. وتكون النباتات الناتجة عن درنات مصابة متقزمة، وهشة سهلة الكسر، وذات أوراق مشوهة ومجعدة.

تظهر الدرنات الناتجة عن نباتات مصابة بالسلالات السابقة طبيعية. بينما تؤدي السلالة PVY^{NTN} إلى ظهور بقع حلقية بنية اللون وغير منتظمة على سطح الدرنات، تصبح متموتة وغائرة في الدرنة (الشكل 1-62).



الشكل 1-62: أعراض الإصابة بالفيروس PVY . (A) تبرقش شديد وتشوه وريقات البطاطا. (B) اصفرار وبقع حلقية خضراء مصفرة على أوراق البطاطا. (C) تموت شديد (تنكرز) على السطح السفلي للوريقات. (D) بقع حلقية متموتة على درنات البطاطا.

ويسبب فيروس البطاطا Y تبرقش أوراق التبغ، وقد تسبب السلالة PVY^{N} تموت العروق في الورقة. وتشمل الأعراض على البندورة، تموت العروق، وبقعاً متموتة على الأوراق، وأحياناً تموتاً على شكل خطوط على أعناق الأوراق والسوق. وتترافق الإصابة بالفيروس PVY على الفليفلة مع تبرقش الأوراق، وتموت العروق، وأحياناً تشوه وتجعد الأوراق، وتقزم النبات (الشكل 1-63). كما تسبب السلالة PVY^{C} على الباذنجان موزاييك جهازي مع حلقات متموتة على الأوراق، وتقزم النبات، وقلة تشكل الأزهار والثمار.

ويسبب فيروس البطاطا Y على البيتونيا انكساراً في اللون، وتبرقشاً وشفافية عروق وتشوه الأوراق.



الشكل 1-63: أعراض الإصابة بفيروس البطاطا PVY) Y). (A) بقع صفراء كثيفة ومتحدة، تصبح متموتة على أوراق التبغ. (B) بقع صفراء وتموت العروق على الفليفلة.

طرائـق الانتقـال: ينتقل الفيـروس بحشـرات المـن، وبشـكل خـاص مَـنّ الـدراق الأخضـر بالطريقـة غيـر المثـابرة، كمـا ينتقل بالعـدوى الميكانيكيـة وبـالتطعيم، وعـن طريـق درنـات بذار البطاطا المصابة.

الوقاية: استخدام درنات بذار خالية من الفيروسات، واستخدام أصـناف مقاومـة، ومكافحـة النواقل الحشرية للحد من انتشار الفيروس.

فيروس البطاطا X Potato virus X (PVX)

ينتشر فيروس البطاطـا X في معظـم منـاطق زراعـة البطاطـا فـي العـالم. ويصـيب نباتـات العائلة الباذنجانية (البطاطا والبندورة والفليفلة والتبغ)، إضافة إلى العديد مـن الأنـواع التـي تتبع لـ 15 عائلة نباتية أخرى.

الفيـــروس المســـبب: يتبـــع الفيـــروس PVX للجـــنس *Potexvirus* والفصـــيلة Flexiviridae. الجسيمات الفيروسية خيطيـة مرنـة (13 X 515 نـانومتراً)، وتحتـوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعـراض: عـادة مـا تكـون الإصـابة بفيـروس البطاطـا X كامنـة، لا تسـبب ظهـور أيـة أعراض مرضية واضحة، ولهذا يسمى بـالفيروس الكـامن. تسبب الإصـابة علـى البطاطـا أعراض تبرقش خفيف، وصغر حجم الأوراق (الشكل 1-64)، وقد تصـل نسـبة الفقد فـي المحصـول إلـى 10 – 20 %. ويسـبب علـى التبـغ تبرقشـاً وبقعـاً حلقيـة متموتـة علـى الأوراق. وتلاحظ على البندورة أعراض موزاييك على الأوراق، وتقزم النباتـات. وبشـكل عـام تـزداد شـدة الأعـراض بصـورة كبيـرة عنـدما تترافـق هـذه الإصـابة مـع الإصـابة بفيروسات أخرى مثل فيروس البطاطا Y (PVY) أو فيروس البطاطا A (PVA) .

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس فـي الحقـل عن طريـق ملامسـة النباتـات بعضـها الـبعض، وعن طريق الأدوات الزراعية الملوثة، وينتقل بنطاطـات الأعشـاب مثـل *Melanoplus*

differentialis و *Tettigonia viridissima* التـي علـى الأغلـب تنقل الفيـروس علـى أجزاء فمها، وقد سـجل انتقـال الفيـروس أيضـاً بـالفطر *Synchytrium endobioticum* المسبب لمرض سرطان البطاطـا، كمـا ينتقل بالحـامول، وعن طريـق الـدرنات المصـابة، ولا ينتقل الفيروس بحشرات المن، ولم يسجل انتقاله أيضاً بالبذور.



الشكل 1-64: تبرقش خفيف على أوراق البطاطا ناتج عن الإصابة بفيروس البطاطا X (PVX)

الأمراض الفيروسية على النجيليات

تقزم واصفرار الشعير Barley yellow dwarf

ينتشر المرض في معظم مناطق زراعة الشعير في العالم. ويصيب عدداً كبيراً من النجيليات المزروعة مثل الشعير والقمح والشوفان والذرة والرز، والعديد من الأعشاب النجيلية مثل الزوان المعمر.

الفيروس المسبب: يتبع فيروس تقزم واصفرار الشعير Barley yellow dwarf virus (BYDV) للجنس *Luteovirus* والفصيلة Luteoviridae . الجسيمات الفيروسية كروية متناظرة بدون غلاف، يتراوح قطرها بين 25 و 30 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA+ وحيد السلسلة. ولهذا الفيروس العديد من السلالات، التي تقسم حالياً إلى مجموعتين: Barley yellow dwarf virus (BYDV)، و Cereal yellow dwarf virus (CYDV) .

الأعراض: يمكن أن تختلف الأعراض تبعاً لعمر وصنف النبات، وحالته الفيزيولوجية، والسلالة الفيروسية، والظروف البيئية، ووقت حدوث العدوى. فبعض الأنواع النباتية لا تبدي أية أعراض واضحة. ومع ذلك، فإن العرض الأكثر شيوعاً على معظم العوائل هو تقزم النباتات نتيجة قصر السلاميات، وانخفاض في حجم المجموع الجذري، وقد يكون التقزم شديداً بحيث تفشل النباتات في تشكيل السنابل.

يلاحظ على الشعير اصفرار الأوراق ابتداءً من قممها، ويمتد باتجاه القاعدة. وتؤدي الإصابة المبكرة إلى تقزم النباتات، وغالباً ما تفشل في تشكيل السنابل. أما الإصابة المتأخرة، فلا تسبب تقزماً شديداً في النباتات، ولكن الأوراق الحديثة يمكن أن تصبح صفراء اللون.

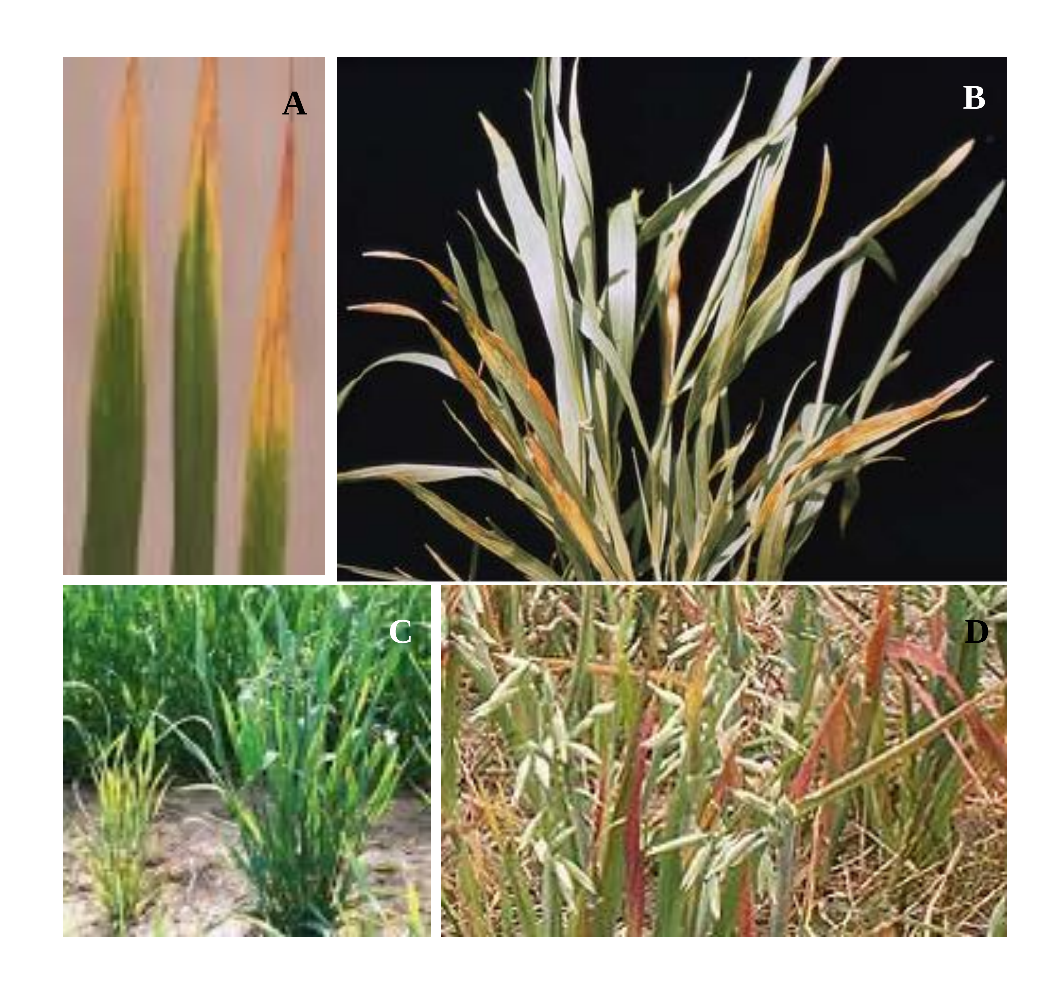
وتظهر الأعراض على القمح على شكل شحوب بين العروق، واصفرار خفيف إلى شديد للأوراق تبعاً للصنف. وتؤدي الإصابة المبكرة إلى زيادة عدد الإشطاءات الضعيفة، واحمرار الأوراق العلمية، وتأخر النضج، وضعف الحبوب المتشكلة، وبالتالي انخفاض الإنتاج.

أما الأعراض على الشوفان فغالباً ما تكون واضحة، وسهلة التمييز، إذ إن الإصابة تؤدي إلى تشكل لطخ بنية إلى برتقالية على الأوراق، التي يمكن أن تمتد لتصبح الورقة بالكامل بلون أحمر. كما يمكن أن تؤدي الإصابة المبكرة إلى شحوب بين العروق، وتقزم شديد للنباتات، وزيادة عدد الإشطاءات الضعيفة. أما الإصابة المتأخرة، فتؤدي عادة إلى احمرار مميز للأوراق الحديثة (الشكل 1-65).

إن أعراض الإصابة بالفيروس BYDV يمكن أن تخلط مع الأعراض الناتجة عن نقص العناصر، أو بعض الإجهادات الحيوية وغير الحيوية التي تؤدي إلى اصفرار وشحوب بين العروق، واحمرار الأوراق. ولكن يمكن تمييز الإصابة بهذا المرض عن نقص العناصر من خلال طريقة توزع وانتشار الأعراض في الحقل، فنقص العناصر يميل إلى أن يكون أكثر انتظاماً، بينما أعراض الإصابة بالفيروس غالباً ما تظهر على شكل بؤر من نباتات متقزمة صفراء أو حمراء اللون.

طرائق الانتقال: ينتقل الفيروس بواسطة 14 نوعاً من حشرات المن بالطريقة المثابرة، ولا ينتقل عن طريق ملامسة النباتات بعضها ببعض، ولا بالحقن الميكانيكي، ولا عن طريق البذور وحبوب الطلع. وتعد الأعشاب البرية المعمرة التي تصاب بالفيروس، وبقايا المحاصيل المصابة مصدراً مهمّاً للعدوى الأولية.

الوقاية: التخلص من بقايا المحاصيل وحرقها، وكذلك التخلص من الأعشاب المعمرة التي يمكن أن تأوي الفيروس بغياب المحصول الرئيسي، ومكافحة حشرات المن بالمبيدات المناسبة، وزراعة الأصناف المقاومة أو المتحملة للإصابة، حيث وجدت مصادر للمقاومة في صنف الشعير CM67 وصنف القمح Elmo .



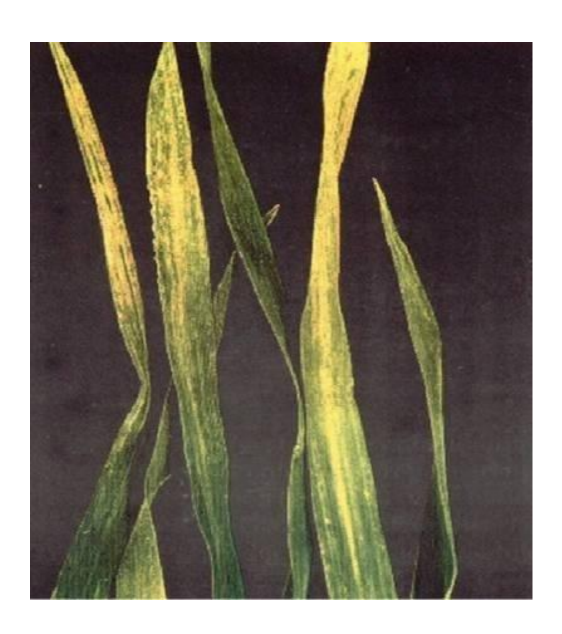
الشكل 1-65: أعراض الإصابة بفيروس تقزم واصفرار الشعير BYDV . (A) اصفرار الأوراق اعتباراً من القمة. (B) أعراض الإصابة على القمح. (C) اصفرار وتقزم النباتات المصابة. (D) احمرار قمم أوراق نبات الشوفان المصاب.

الموزاييك المخطط على الشعير Barley stripe mosaic

يصيب هذا المرض الشعير والقمح والشوفان والذرة السكرية، وينتشر في معظم دول العالم التي تزرع هذه المحاصيل.

الفيروس المسبب: يتبع فيروس الموزاييك المخطط على الشعير Barley stripe mosaic virus (BSMV) للجنس *Hordeivirus*، ولم يصنف في فصيلة. الجسيمات الفيروسية عصوية أنبوبية مستقيمة صلبة، وبدون غلاف، تتراوح أطوالها بين 100 و 150 نانومتراً، وعرضها 20 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA وحيد السلسلة.

الأعراض: تختلف الأعراض تبعاً لسلالة الفيروس، ووقت حدوث العدوى، والصنف النباتي، والظروف البيئية. وتشمل بشكل عام تبرقشاً مع بقع أو خطوط صفراء اللون، ويمكن أن يظهر تخطط بني على طول الورقة (الشكل 1-66). كما يمكن أن تؤدي الإصابة إلى تقزم النباتات.



الشكل 1-66: أعراض الإصابة بفيروس الموزاييك المخطط على الشعير BSMV

طرائق الانتقال: لا يعرف لهذا الفيروس ناقل حيوي، بل ينتقل بالبذور، إذ إن نسبة البذور الحاملة للفيروس والناتجة من نباتات مصابة يمكن أن تصل إلى أكثر من 90 %. وينتقل كذلك بحبوب الطلع، ولكن باعتبار أن الشعير ذاتي التلقيح، فإن هذه الطريقة بالانتشار قليلة الأهمية. كما ينتقل الفيروس بالحقن الميكانيكي، وعن طريق احتكاك النباتات المصابة والسليمة.

للوقاية من الإصابة بهذا المرض ينصح باستخدام أصناف مقاومة، وبذور سليمة خالية من الفيروس.

الأمراض الفيروسية على البقوليات

موزاييك وزوائد البازلاء *Pea enation mosaic*

لهذا الفيروس مجال مضيفي ضيق، ومحصور بشكل عام بنباتات الفصيلة البقولية، وعدد قليل من نباتات بعض الفصائل الأخرى مثل الفصيلة السرمقية.

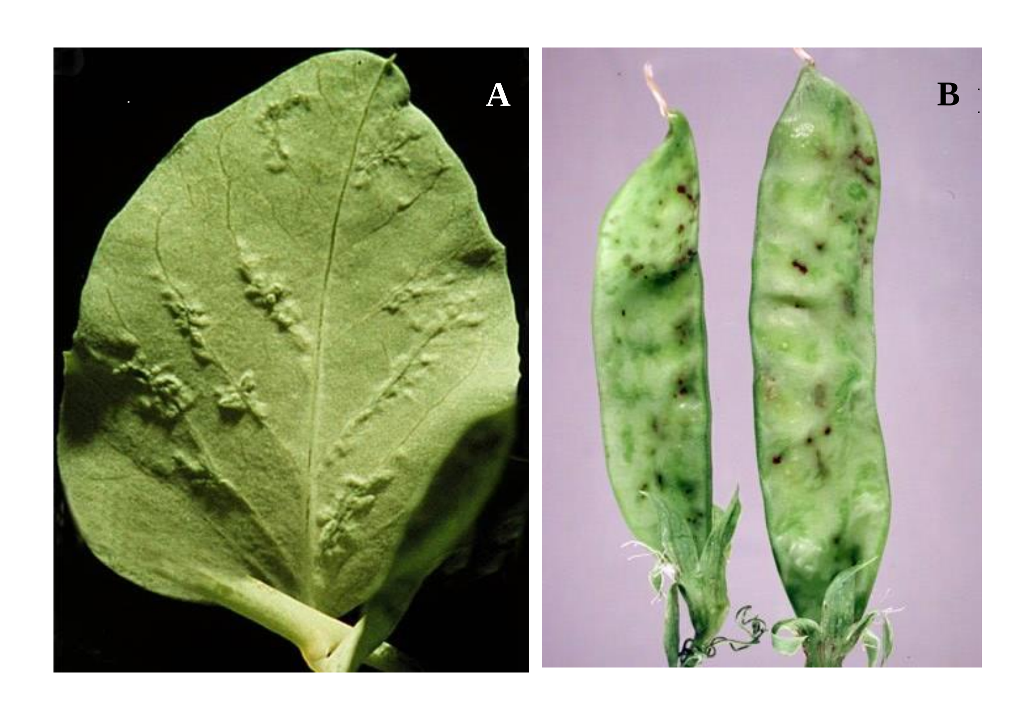
الفيروس المسبب: لقد كان الفيروس المسبب لمرض موزاييك وزوائد البازلاء Pea enation mosaic virus (PEMV) يصنف حتى وقت قريب في الجنس *Enamovirus* من الفصيلة Luteoviridae (Delmer *et al*., 1996). ولكن استخدام تقانات البيولوجيا الجزيئية، وتحديد التتابع النيكليوتيدي الكامل للحمض النووي الفيروسي، أدى إلى إعادة تصنيف الفيروس، إذ يعد هذا المرض حالياً عبارة عن معقد من الفيروسين PEMV-1 من الجنس *Enamovirus*، والفيروس PEMV-2 من الجنس *Umbravirus*. وبالتالي فإن التسمية PEMV تشير إلى الفيروسين معاً.

الجسيمات الفيروسية لكلا الفيروسين كروية متساوية الأبعاد، قطرها بين 22 – 28 نانومتراً، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA. ويتركب الغلاف البروتيني لكلا الفيروسين من نفس تحت الوحدات البروتينية التي يشفرها الحمض النووي للفيروس PEMV-1.

الأعراض: تختلف الأعراض بشكل كبير تبعاً للصنف النباتي، والظروف البيئية، وسلالة الفيروس.

تبدي نباتات البازلاء المصابة التفافاً خفيفاً للأوراق نحو الأسفل بعد 4 – 6 أيام بعد العدوى، متبوعة بأعراض موزاييك. ومع تقدم المرض، تبدي النباتات تشوهاً في النمو، وتقزماً، وأحياناً تتكرز القمة النامية مما ينتج عنها فقد السيادة القمية. وفي وقت متأخر من

العدوى، يمكن أن تشاهد زوائد مرتبطة بالعروق على السطح السفلي للأوراق. كما تظهر القرون غالباً مشوهة، وتحتوي على عدد قليل من البذور (الشكل 1-67).



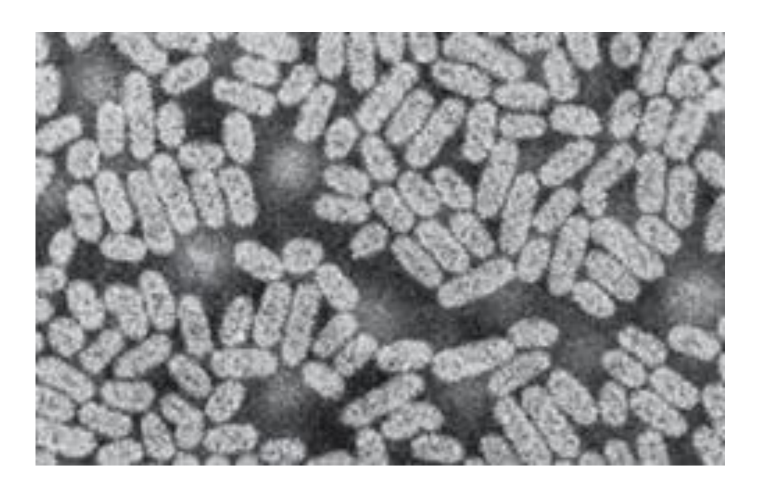
الشكل 1-67: أعراض الإصابة بفيروس موزاييك وزوائد البازلاء (PEMV). (A) زوائد على عروق السطح السفلي للأوراق. (B) تشوه القرون.

الانتقال: ينتقل الفيروس بأكثر من 10 أنواع من حشرات المن بالطريقة الدورانية غير التكاثرية، ويعد منّ البازلاء ومنّ الدراق الأخضر أكثرها أهمية. وينتقل الفيروس ميكانيكياً. كما ينتقل ببذور البازلاء بنسبة ضعيفة.

موزاييك الفصة Alfalfa mosaic

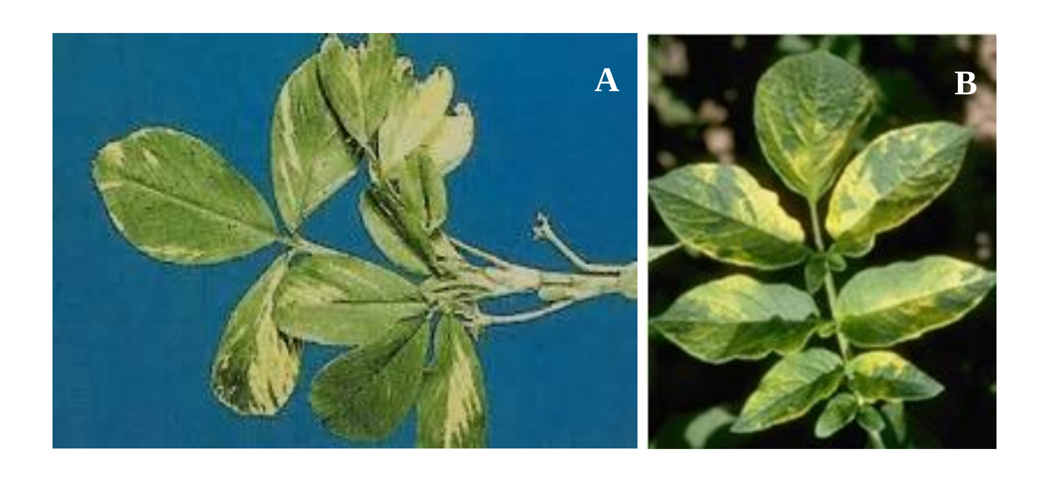
تم وصف هذا الفيروس لأول مرة من قبل Weimer عام 1931 على الفصة. ولهذا الفيروس مجال مضيفي واسع جداً، إذ يصيب عدداً كبيراً من النباتات المزروعة والبرية، وبشكل خاص الباذنجانيات والبقوليات.

الفيروس المسبب: يتبع فيروس موزاييك الفصة Alfalfa mosaic virus (AMV) للجنس *Alfamovirus* والفصيلة Bromoviridae. الجسيمات الفيروسية عصوية الشكل Bacilliform. ويتألف هذا الفيروس من أربعة أنماط من الجسيمات المختلفة الأطوال (B= 56 و M = 43 و Tb = 35 و Ta =30 نانومتراً)، وأقطارها جميعها حوالي 16 نانومتراً. ويتألف الجينوم الفيروسي من ثلاثة أنماط من الحمض النووي ssRNA الموجودة في الجسيمات الثلاث الأطول: B (RNA1) و M (RNA2) و Tb (RNA3)، بينما تحتوي الجسيمة الرابعة على نسختين من RNA4 تحت الجينومي، التي تشفر الغلاف البروتيني. وإن وجود الأنماط الأربعة من الحمض النووي ssRNA والغلاف البروتيني ضروري لإحداث العدوى.



الشكل 1-68: الأنماط المختلفة لجسيمات فيروس موزاييك الفصة Alfalfa mosaic virus (AMV)

الأعراض: تختلف الأعراض التي يسببها الفيروس (AMV) تبعاً لسلالة الفيروس، ونوع وصنف النبات المضيف، والظروف البيئية. ولكن الأعراض الأكثر شيوعاً تشمل الموزاييك والتبرقش والتقزم (الشكل 1-69). وغالباً ما تختفي الأعراض الظاهرية وخاصة خلال الصيف. كما تظهر أعراض موزاييك أصفر على الفاصولياء واللوبياء، وتنكرز وتقزم في البازلاء. وتبدي أوراق نباتات الفليفلة المصابة تلوناً أبيض على شكل موزاييك وبقع حلقية. وعندما تصاب النباتات الصغيرة، تبقى متقزمة وتنتج ثماراً صغيرة ومشوهة. ويمكن أن يلاحظ تنكرز على ساق نباتات البندورة المصابة، وبقع أو لطخ متموتة على الثمار.



الشكل 1-69: أعراض الإصابة بفيروس موزاييك الفصة (AMV). (A) على الفصة. (B) على البطاطا.

الانتقال: ينتقل فيروس موزاييك الفصة بـ 14 نوعاً على الأقل من حشرات المن بالطريقة غير المثابرة. وينتقل ميكانيكياً وبالتطعيم وبحبوب الطلع وبالبذور بنسب متباينة. كما ينتقل بواسطة الحامول.

الموزاييك الأصفر على الفاصولياء Bean yellow mosaic

يصيب هذا المرض عدداً كبيراً من أنواع النباتات البقولية مثل الفاصولياء والبازلاء والفول والبرسيم والبيقية وفول الصويا، كما يصيب بعض نباتات الزينة مثل الغلاديول.

الفيروس المسبب: يتبع فيروس الموزاييك الأصفر على الفاصولياء Bean yellow mosaic virus (BYMV) للجنس *Potyvirus* والفصيلة Potyviridae. الجسيمات الفيروسية خيطية (750 X 12 نانومتراً)، وتحتوي على الحمض النووي ssRNA مفرد السلسلة.

الأعراض: تبدي النباتات المصابة أعراض تبرقش واصفرار وتشوه في الأوراق والقرون. كما أن البذور، فيما لو تشكلت، تكون صغيرة الحجم ومشوهة. وغالباً ما تبقى النباتات المصابة متقزمة. وقد تؤدي الإصابة إلى انخفاض في الغلة، قد يصل إلى 80 – 100 %، وذلك تبعاً لطور نمو النبات عند حدوث العدوى.





الشكل 1-70: أعراض الإصابة بفيروس الموزاييك الأصفر على الفاصولياء (BCMV). (A) تبرقش واصفرار الأوراق. (B) تشوه القرون.

الانتقال: ينتقل هذا الفيروس بالعدوى الميكانيكية. كما ينتقل بأكثر من 20 نوعاً من حشرات المن بالطريقة غير المثابرة. ولا ينتقل ببذور الفاصولياء، لكنه ينتقل بنسب منخفضة ببذور العديد من البقوليات الأخرى مثل البازلاء والفول والترمس.

الموزاييك الشائع على الفاصولياء Bean common mosaic

هذا المرض محصور بشكل أساسي في أنواع الفاصولياء (*Phaseolus vulgaris*، وبعض الأنواع الأخرى من الجنس *Phaseolus*).

الفيروس المسبب: يتسبب هذا المرض عن فيروس الموزاييك الشائع على الفاصولياء Bean common mosaic virus (BCMV)، وفيروس التنكرز والموزاييك الشائع على الفاصولياء Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV). حيث إن تسمية الفيروس الأخير أطلقت على سلالات التنكرز من الفيروس الأول. يتبع هذان الفيروسان للجنس *Potyvirus* والفصيلة Potyviridae. الجسيمات الفيروسية خيطية (12 X 750 نانومتراً).

الأعراض: تتباين الأعراض التي تسببها هذه الفيروسات تبعاً لسلالة الفيروس، وللصنف النباتي بكونه يحتوي على مورثة المقاومة (I gene) النوعية بالفيروس، أو لا يحتوي على مثل هذه المورثة.

يسبب فيروس الموزاييك الشائع على الفاصولياء (BCMV) أعراض موزاييك أو تبرقش على الأوراق، وغالباً ما تكون العروق خضراء داكنة، بينما تصبح المناطق بين العروق خضراء مصفرة. وتترافق هذه الأعراض غالباً مع تجعد وتشوه والتفاف الأوراق نحو الأسفل. وتختلف شدة الأعراض تبعاً لسلالة الفيروس، وصنف الفاصولياء المزروع، وعمر النباتات عند حدوث العدوى. وعادة ما تكون النباتات، التي تصاب وهي صغيرة، متقزمة ومشوهة.

بينما يسبب فيروس التنكرز والموزاييك الشائع على الفاصولياء BCMNV أعراض تنكرز فقط على الأصناف التي تحمل مورثة المقاومة النوعية بهذا الفيروس، والتي تمثل تفاعل فرط حساسية كرد فعل من قبل النبات على الإصابة. حيث تبدأ الأعراض على شكل بقع صغيرة بنية محمرة على الأوراق، وتصبح العروق المحاطة بهذه البقع بنية مسودة، ويمتد تنكرز العروق في الأنسجة اللحائية للنبات مسبباً ذبول، ومن ثم موت الأوراق الفتية، وقد تؤدي الإصابة إلى موت النبات بالكامل. وعند إجراء مقطع طولي في الساق أو القرون تظهر خطوط بنية محمرة في الأوعية الناقلة. وهذه الأعراض يمكن أن تخلط مع أعراض الإصابة بفطر الذبول الوعائي *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. ولكن تلون الأوعية الناقلة في القرون هو عرض تشخيصي مميز للإصابة بالفيروس.

وفي الأصناف التي لا تحتوي على مورثة المقاومة، فإن هذا الفيروس يسبب أعراضاً مماثلة لتلك التي يسببها فيروس الموزاييك الشائع على الفاصولياء (BCMV).



الشكل 1-71: (A) أعراض الإصابة بفيروس الموزاييك الشائع على الفاصولياء (BCMV) إذ يلاحظ أعراض موزاييك وتجعد وتشوه والتفاف الأوراق. (B) موت العروق المتسبب عن الإصابة بفيروس التنكرز والموزاييك الشائع على الفاصولياء (BCMNV).

الانتقال: ينتقل الفيروس بعدة أنواع من حشرات المن بالطريقة غير المثابرة. وينتقل بسهولة بالبذور، فعندما تصاب النباتات في مرحلة مبكرة، فإن نسبة البذور المصابة يمكن أن تصل إلى 83 %. كما يمكن أن ينتقل بحبوب الطلع. كما ينتقل الفيروس أيضاً بالعدوى الميكانيكية.

الفصل السابع

أمراض النبات المتسببة عن الفيرويدات

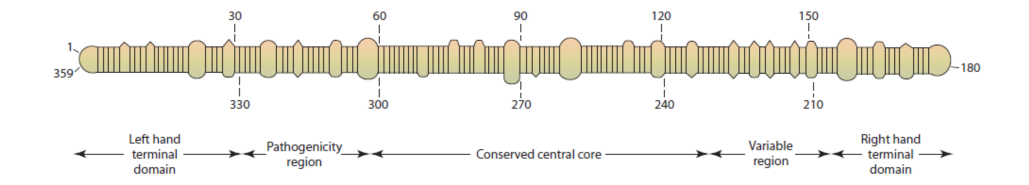
Plant diseases caused by viroids

يعود اكتشاف وتسمية الفيرويدات لعام 1971 حين أطلق Diener على مسبب مرض الدرنة المغزلية في البطاطا التسمية Potato spindle tuber viroid (PSTVd) ليكون أول فيرويد يتم تعريفه وتسميته.

تتألف الفيرويدات من حمض نووي RNA وحيد السلسلة ذي وزن جزيئي منخفض (239 – 401 نكليوتيد)، وهي أصغر بكثير من الفيروسات (20 kb – 4)، وليس لها غلاف بروتيني، أي إن الحمض النووي يوجد بشكل حر (الشكل 1-72)، وهي قادرة على مهاجمة خلايا النبات والتضاعف فيها.

جزيئات الحمض النووي الفيرويدي (RNA) حلقية ومفردة السلسلة، مع وجود اقتران بين القواعد النيتروجينية في أجزاء من سلسلة الـ RNA، وهذا الاقتران يعطي الحمض النووي إلى حد ما شكل دبوس الشعر بوجود مناطق وحيدة السلسلة، وأخرى ثنائية السلسلة في نفس الفيرويد.

ويبدو أن الفيرويد، في الشكل ثنائي السلسلة، يتألف من خمس مناطق بنيوية: منطقتين طرفيتين يمينية ويسارية، ومنطقة القدرة الإمراضية، ومنطقة مركزية محفوظة، ومنطقة متغيرة. وتحدد منطقة القدرة الإمراضية والمنطقتان الطرفيتان القدرة الإمراضية للفيرويد، أي قدرته على إحداث الإصابة والتضاعف، وكذلك شدة الأعراض التي تظهر على النباتات المضيفة. بينما لا تسهم المنطقتان الآخريتان بأية وظيفة عند الفيرويدات.



الشكل 1-72: البنية الثانوية لفيرويد الدرنة المغزلية في البطاطا Potato spindle tuber viroid. إذ يلاحظ اقتران القواعد النيتروجينية في أجزاء من سلسلة الحمض النووي مما يعطي الفيرويد ثباتية عالية. كما يبين الشكل المناطق الخمس المشكلة للفيرويد.

تصنيف الفيرويدات Taxonomy of viroids

يعتمد تصنيف الفيرويدات على غياب أو وجود المنطقة المركزية المحفوظة Conserved central region.

الفصيلة Avsunviroidae: تدعى أيضاً بالمجموعة A (group A)، أو بمجموعة فيرويد اللطخة الشمسية في الأفوكادو The avocado sunblotch viroid group (ASBVd). التي تمتاز بغياب المنطقة المركزية المحفوظة، وتتضاعف في الكلوروبلاست. ويمتلك كل أفراد هذه المجموعة نشاطاً إنزيمياً (Ribozyme) يجعلها قادرة على قطع الـ RNA متعدد الجزيئات بنفسها أثناء عملية التضاعف.

الفصيلة Pospiviroidae: تدعى أيضاً بالمجموعة B (group B)، أو بمجموعة فيرويد الدرنة المغزلية في البطاطا The potato spindle tuber viroid group (PSTVd). التي تمتاز بوجود المنطقة المركزية المحفوظة، وتتضاعف في النواة أو النوية.

ويبين الجدول التالي الفيرويدات المعتمدة رسمياً من قبل اللجنة الدولية لتصنيف الفيروسات International Committee on Taxonomy of Viruses.

Family Pospiviroidae		
Genus الجنس	**Species النوع**	**المضيف الطبيعي**
Pospiviroid	Potato spindle tuber (PSTVd)	Potato
	Chrysanthemum stunt (CSVd)	Chrysanthemum
	Citrus exocortis (CEVd)	citrus, tomato
	Columnea latent (CLVd)	*Columnea*, *Brunfelsia*, *Nemathanthus*
	Iresine (IrVd)	*Iresine*
	Mexican papita (MPVd)	*Solanum cardiophyllum*
	Tomato apical stunt (TASVd)	Tomato
	Tomato chlorotic dwarf (TCDVd)	Uncertain (tomato?)
	Tomato planta macho (TPMVd)	Tomato
Hostuviroid	Hop stunt (HSVd)	citrus, grapevine, *Prunus* spp.
Cocadviroid	Coconut cadang-cadang (CCCVd)	coconut palm
	Coconut tinangaja (CTiVd)	coconut palm
	Citrus bark cracking (CBCVd)	Citrus
	Hop latent (HLVd)	Hop
Apscaviroid	Apple scar skin (ASSVd)	apple, pear
	Apple dimple fruit (ADFVd)	Apple
	Apple fruit crinkle (AFCVd)[z]	Apple
	Australian grapevine (AGVd)	Grapevine
	Citrus bent leaf (CBLVd)	Citrus
	Citrus dwarfing (CDVd)	Citrus
	Grapevine yellow speckle 1 (GYSVd-1)	Grapevine
	Grapevine yellow speckle 2 (GYSVd-2)	Grapevine
	Pear blister canker (PBCVd)	pear, quince
Coleviroid	*Coleus blumei*-1 (CbVd-1)	*Coleus*, *Mentha* spp.
	Coleus blumei-2 (CbVd-2)	

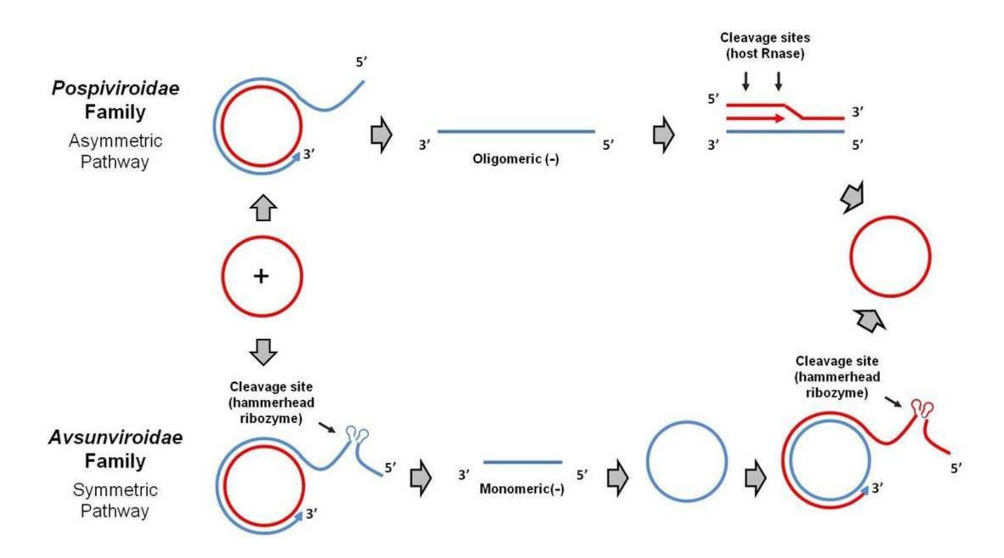
	Coleus blumei-3(CbVd-3)	*Ocimum basilicum, Melissa officinalis*
Family Avsunviroidae		
الجنس	**Species النوع**	**المضيف الطبيعي**
Avsunviroid	Avocado sun blotch (ASBVd)	Avocado
Pelamoviroid	Chrysanthemum chlorotic mottle (CChMVd)	Chrysanthemum
	Peach latent mosaic (PLMVd)	peach, nectarine
Elaviroid	Eggplant latent (ELVd)	Eggplant

Replication of viroids تضاعف الفيرويدات

إن آلية تضاعف الفيرويدات غير معروفة، إلا أن بعض الأدلة تشير لتضاعف الفيرويدات عن طريق الاستنساخ المباشر للـ RNA، حيث إن جميع المكونات الضرورية لتضاعف الفيرويد، بما فيها الإنزيم RNA polymerase، يقدمها النبات المضيف.

فمن المرجح أن تضاعف فيرويدات الفصيلة Avsunviroidae يتم بآلية التدحرج الحلقي المتناظر Symmetric rolling circle mechanism، إذ إن السلسلة الدائرية الموجبة للفيرويد تستنسخ وتعمل كأسطوانة دورانية لتنتج سلسلة خيطية متعددة الجزيئات من الـ RNA (-)، ومن المحتمل أن الإنزيم RNA polymerase II (RNA pol.II) يقوم بهذه العملية. ثم يتم تقطيع هذه السلسلة الخيطية بشكل ذاتي، بواسطة النشاط الإنزيمي (Ribozyme) المرتبط مع الفيرويد، إلى سلاسل قصيرة بطول الحمض النووي للفيرويد، التي تأخذ الشكل الحلقي لتشكل جزيئات حلقية من الـ RNA(-) بالاعتماد على نشاط الإنزيم RNA ligase للنبات المضيف. يحدث تضاعف حلقي آخر لتتشكل سلسلة طويلة متعددة الجزيئات من الـ RNA(+)، يتم تقطيعها من جديد بنشاط إنزيمي ذاتي، ثم تلتحم لتأخذ الشكل الحلقي، وتشكل بذلك العديد من جزيئات الفيرويد .

بينمـــا فـــي الفصـــيلة Pospiviroidae، فـــإن التضـــاعف يـــتم بآليـــة غيـــر متنـــاظرة Asymmetric mechanism، حيث يتم استنساخ الـ RNA (+) الحلقي للفيرويد إلى سلسلة طويلة خيطية من الـ RNA (-)، التي تعمل كقالب لاستنساخ سلسلة متعددة الجزيئات من الـ RNA(+) بواسطة الإنزيم RNA pol.II. ثم يتم تقطيع السلسلة الموجبة بواسطة إنزيم RNAse للمضيف إلى جزئيات RNA خيطية بطول الحمض النووي الأصلي للفيرويد، تأخذ الشكل الدائري لتنتج عدة نسخ من الـ RNA الفيرويدي الأصلي (الشكل 1-73).



الشكل 1-73 : مخطط يبين الآلية المفترضة لتضاعف الفيرويدات من الفصيلة Pospiviroidae بطريقة التضاعف الحلقي غير المتناظر Asymmetric، وفيرويدات الفصيلة Avsunviroidae بالطريقة المتناظرة Symmetric .

انتقال الفيرويدات Transmission of viroids

تنتقل الفيرويدات بسهولة بواسطة العدوى الميكانيكية، ومع العصارة على الأيدي والملابس والأدوات الزراعية أثناء القيام بعمليات الخدمة، وعن طريق تلامس أو احتكاك

النباتات المتجاورة مع بعضها بعضاً. كما تنتقل الفيرويدات عن طريق التطعيم، وأجزاء التكاثر الخضري.

تنتقل بعض الفيرويدات بواسطة البذور، وكذلك بواسطة حبوب الطلع، إذ ينتقل فيرويد الدرنة المغزلية في البطاطا (PSTVd) عن طريق الدرنات المصابة، وعن طريق البذور، وبواسطة حبوب الطلع. كما تم اثبات الانتقال البذري لفيرويد اللطخة الشمسية في الأفوكادو (ASBVd)، والفيرويد PSTVd في البندورة، بينما لا ينتقل الفيرويد Tomato planta macho viroid (TPMVd) في بذور البندورة.

تمت الإشارة إلى انتقال الفيرويد (TPMVd) بواسطة حشرة مَنّ الدراق الأخضر *Myzus persicae* من المضيف البري *Physalis foetens* إلى المضيف التجريبي البندورة.

تستطيع الفيرويدات المحافظة على حيويتها في الطبيعة خارج العائل، أو في المواد النباتية الميتة لفترة من الزمن تتراوح من عدة دقائق إلى عدة شهور. ويبدو أن الفيرويدات تقوم بالتشتية أو التصييف في العوائل المعمرة، التي تضم المضيفات الرئيسة لمعظم الفيرويدات المعروفة.

مكافحة الأمراض الفيرويدية Control of viroid diseases

تمتاز الفيرويدات بشكل عام بمقاومتها العالية لدرجات الحرارة المرتفعة، وبالتالي لا يمكن التخلص منها في الأجزاء النباتية المصابة بالمعاملة الحرارية. ولذلك فإن مكافحة الأمراض المتسببة عن الفيرويدات تعتمد على استخدام أعضاء إكثار خالية من الفيرويدات، والتخلص من النباتات المصابة، وغسل الأيدي، وتطهير الأدوات الزراعية بعد استخدامها على النباتات المصابة، وقبل الانتقال إلى النباتات السليمة.

مرض الدرنة المغزلية في البطاطا Potato spindle tuber

كما ذكرنا سابقاً إن فيرويد الدرنة المغزلية في البطاطا Potato spindle tuber viroid (PSTVd) كان أول فيرويد يتم اكتشافه وتسميته، ويتكون من الحمض النووي RNA وحيد السلسلة (359 نيكليوتيد).

يشمل المجال المضيفي لهذا الفيروید في الطبيعة العديد من أنواع العائلة الباذنجانية، فهو يصيب البطاطا والبندورة والفليفلة، وتختلف الأعراض باختلاف نوع النبات المضيف والصنف وسلالة الفيرويد والظروف البيئية.

تبدو نباتات البطاطا المصابة منتصبة ومتقزمة، وذات أوراق صغيرة ومنتصبة أيضاً، وتكون الوريقات خضراء داكنة، وقد تبدو أحياناً ملتفة. أما الدرنات المصابة، فتكون صغيرة ومتطاولة، وذات نهايات مستدقة مما يعطيها الشكل المغزلي (الشكل 1-74)، ومن هنا اشتقت تسمية هذا المرض. كما تكون الدرنات ملساء ومشوهة ومتشققة، والعيون أكثر عدداً وأكثر وضوحاً مقارنة مع الدرنات السليمة. وقد تصل نسبة الفقد في المحصول إلى أكثر من 25 %.





الشكل 1-74: أعراض الإصابة بمرض الدرنة المغزلية في البطاطا. (A) النباتات منتصبة ومتقزمة وتبدي التفافاً في الأوراق. (B) الدرنات صغيرة متطاولة ومشوهة وذات نهايات مستدقة.

تظهر أولى أعراض الإصابة بالفيرويد (PSTVd) على البندورة على هيئة تباطؤ في النمو، وشحوب في قمة النباتات. ويمكن أن يتطور ضعف النمو فيما بعد إلى تقزم في النباتات، ويصبح الشحوب أكثر شدة، وتتحول الأوراق إلى اللون المحمر أو الأرجواني، كما تصبح هشة وسهلة الكسر. وعادة ما يكون تقزم النبات دائماً، ومع ذلك يمكن أحياناً أن تموت النباتات أو تشفى جزئياً. ويتوقف تشكل الأزهار والثمار في النباتات المتقزمة.

ينتقل الفيرويد PSTVd بواسطة الدرنات، كما ينتقل بالبذور الحقيقية، وبحبوب الطلع. وينتقل ميكانيكياً عن طريق الملامسة بين النباتات، وأثناء جمع الدرنات، وبواسطة سكاكين تقطيع الدرنات. كما تمت الإشارة إلى انتقال الفيرويد PSTVd بنسبة ضعيفة بحشرة المنّ *Macrosiphum euphorbiae*، ولكن لا ينتقل بمَن الدراق الأخضر أو بالنوع *Aulacorthum solani* (De Bokx and Pirone, 1981). ومع ذلك، فإن منّ الدراق الأخضر قادر على نقل الفيرويد PSTVd وفيروس التفاف أوراق البطاطا Potato leaf roll virus (PLRV) من النباتات المصابة بهما معاً (Salazar *et al*., 1995)، وقد تبين لاحقاً أن الفيرويد كان مغلفاً في جسيمات الفيروس (PLRV)، وتعد هذه الظاهرة هامة جداً لأنها قد تسهم في نشر الفيرويد بشكل وبائي في ظروف الحقل.

لتجنب الإصابة بفيرويد الدرنة المغزلية في البطاطا (PSTVd) يجب استخدام درنات سليمة خالية من الفيرويد، والزراعة في حقول خالية من الدرنات المصابة التي يمكن أن تحافظ على الفيرويد حياً من السنة السابقة. ومن المفيد في هذه الحالة اتباع دروة زراعية تدخل فيها محاصيل غير قابلة للإصابة بالمرض، وتطهير السكاكين المستخدمة في تقطيع الدرنات بمادة هيبوكلوريت الصوديوم، والتخلص من النباتات المصابة في حال اكتشافها في الحقل. وباعتبار أن الفيرويد ينتقل ميكانيكياً بسهولة، لذلك يجب أخذ كل الاحتياطات لتجنب انتقاله على الأيدي والملابس والأدوات الزراعية المستخدمة في عمليات الخدمة. كما يعد هذا المرض حجريّاً في الكثير من الدول في العالم ومنها

سورية، لذلك يجب اتباع إجراءات حجر زراعي صارمة لمنع إدخال مواد نباتية حاملة للمرض، خاصة وأن الإصابة قد تكون كامنة بدون أية أعراض ظاهرية.

تشقق قلف الحمضيات Citrus exocortis

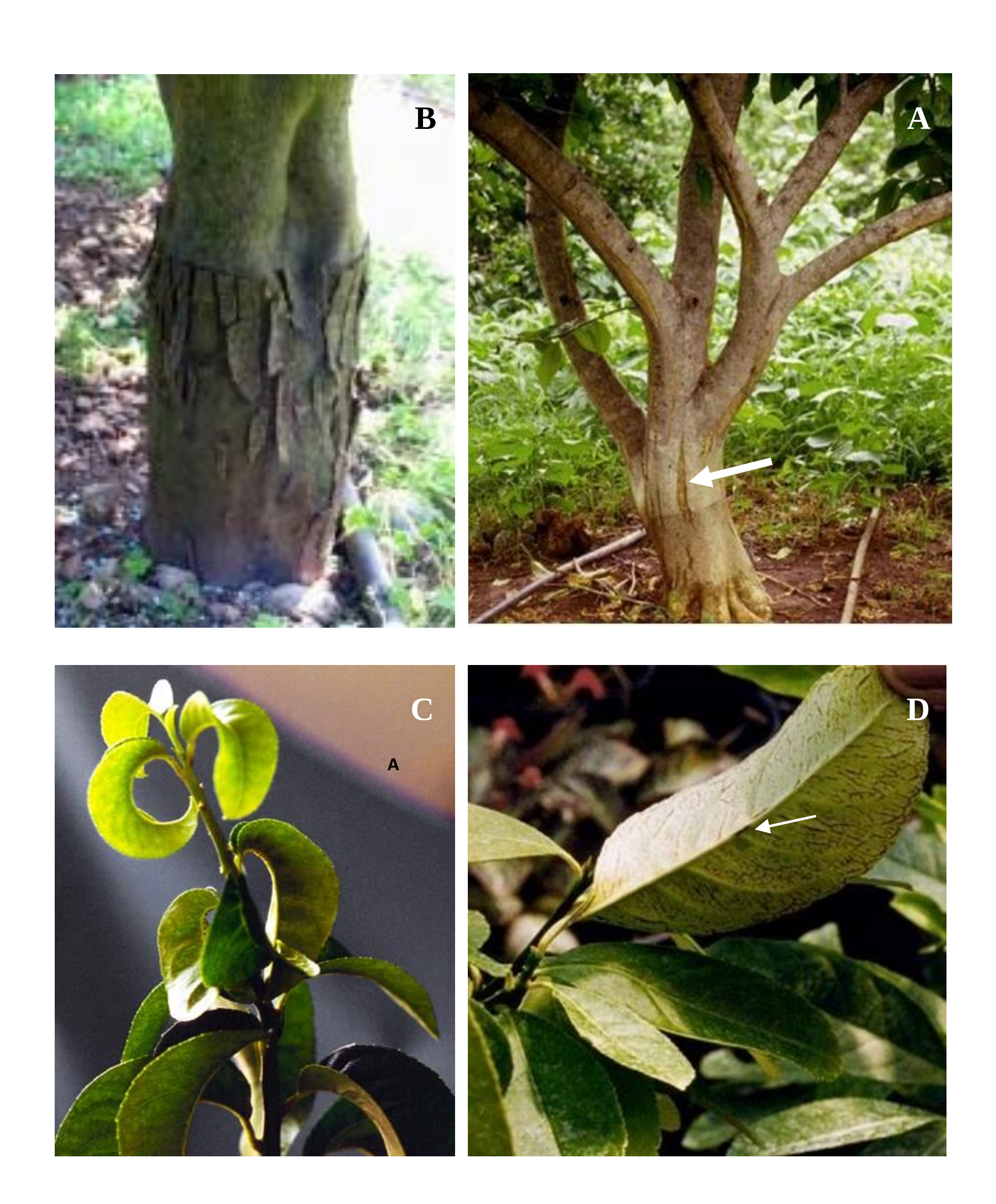
ينتشر هذا المرض في معظم مناطق زراعة الحمضيات في العالم، ويصيب العديد من أنواع الحمضيات مثل البرتقال ثلاثي الأوراق والسيترنج واليوسفي والليمون الحلو والكريب فروت، كما يصيب عدداً قليلاً من نباتات العائلة الباذنجانية والمركبة.

يسبب هذا المرض انخفاضاً كبيراً في نمو وإنتاج الأشجار المصابة، قد يصل إلى أكثر من 40 %، خاصة عندما تكون أشجار الحمضيات مطعمة على أصول حساسة للإصابة بالمرض.

يتكون فيرويد تشقق قلف الحمضيات Citrus exocortis viroid (CEVd) من حمض نووي RNA دائري وحيد السلسلة وصغير (246 – 475 نيكليوتيد)، ويرتبط مع نواة خلية المضيف والأغشية الداخلية، ويسبب خللاً في الأغشية البلازمية.

تظهر أعراض الإصابة على شكل تشققات عمودية ضيقة على القلف الخارجي لجذوع الأشجار الحساسة للإصابة، وقد يظهر تقشر وتحرشف على القلف. كما يمكن أن تبدي النباتات الحساسة أيضاً تلطخات صفراء على السوق الفتية المصابة. ويلاحظ في بعض النباتات مثل الكبّاد (*Citrus medica*) المستخدم كنبات دال، انحناء أو التفاف الأوراق، وقد تصبح عروق وأعناق الأوراق داكنة اللون ومتفلّنة ومتشققة.

تظهر الأشجار المصابة، بما فيها الأصناف المقاومة المطعمة على أصول حساسة، متقزمة بدرجات متفاوتة، مع انخفاض شديد في الإنتاج.



الشكل 1-75: أعراض الإصابة بفيرويد تشقق قلف الحمضيات (CEVd). (A) تشققات عمودية في القلف في النوع *Citrus latifolia* المطعم على الأصل *C. macrophylla*. (B) تشقق وتقشر وتحرشف القلف. (C) انحناء الأوراق المميز للإصابة بالفيرويد (CEVd) بعد العدوى على النبات الدال *Citrus medica*. (D) تفلّن في العرق الوسطي والعروق الجانبية على الأوراق بعد العدوى على النبات الدال.

ينتقل الفيرويد من الأشجار المصابة إلى الأشجار السليمة بواسطة سكاكين التطعيم، ومقصات التقليم، والأدوات الأخرى المستخدمة في العمليات الزراعية، حيث يمكن أن يحتفظ الفيرويد بقدرته على إحداث العدوى على أنصال السكاكين الملوثة لمدة ثمانية أيام على الأقل. كما ينتقل ميكانيكياً بالعصارة النباتية وبواسطة الحامول إلى النباتات العشبية.

يمتاز هذا الفيرويد بمقاومة عالية لدرجات الحرارة المرتفعة، لذلك فإن المعاملة الحرارية غير فعّالة في التخلص منه. كما يمتاز بمقاومة لمعظم المواد المطهرة باستثناء هيبوكلوريت الصوديوم. لذلك ينصح للوقاية من الإصابة بهذا المرض بزراعة غراس سليمة ومن مصادر موثوقة، وأخذ البراعم المستخدمة في التطعيم من أشجار سليمة، وتطهير أدوات التقليم والتطعيم بهيبوكلوريت الصوديوم.

الباب الثاني

مدخل إلى علم البكتريا وأمراض النبات البكتيرية

Introduction to Bacteriology and Bacterial Plant Diseases

الفصل الأول

لمحة تاريخية عن الأمراض البكتيرية وأهميتها الاقتصادية

تعود معرفة أهمية البكتريا في إصابة النباتات وإحداث الأضرار عليها إلى ما بعد اكتشاف المجهر العادي من قبل فان ليفنهوك Antoni van Leeuwenhoek عام 1683 حيث اكتشفت البكتريا وأشكالها وتركيباتها المختلفة . وقد وجد باستور Louis Pasteur (1822-1895) أن التخمر والتلف الذي يحدث لكثير من المواد الغذائية ينتج عن أحياء دقيقة (بكتريا وخمائر)، وأن هذه الكائنات الدقيقة تموت بالتعقيم الحراري. وقد تم إثبات دور الكائنات الدقيقة ومسؤوليتها في إحداث كثير من الأمراض النباتية بعد أن طبقت فرضية كوخ التي تقضي بعزل الكائن الممرض، واستخدامه في إجراء العدوى الاصطناعية، ثم عزله مرة أخرى من العائل الذي أجريت عليه العدوى .

ويعد فورونين Voronin (1866) أول من نبه الأذهان لوجود بكتريا في أنسجة النبات، حيث استطاع إثبات وجود البكتريا في جذور نبات الترمس.

كما قام العالم بوريل Burril في عام 1880 بتوضيح الطبيعة البكتيرية لمرض اللفحة النارية الذي يصيب أشجار التفاح والإجاص في الولايات المتحدة الأمريكية.

وتعود معرفة مرض سل الزيتون إلى نحو 300 سنة قبل الميلاد، حيث ذكر في كتب الفلاسفة اليونان والمؤرخين الرومان، وقد عزي هذا المرض قديماً إلى الظروف البيئية أو إلى العمليات الزراعية، ولكن Arcangeli (1886) يعد أول من نبه إلى وجود البكتريا داخل ثآليل سل الزيتون.

كما اكتشف العالم Erwin Smith (1854 – 1927) الكثير من البكتريا الممرضة للنبات، وهو يعد أول من وضع أسس الأمراض البكتيرية. وقد تتالت بعد ذلك اكتشافات

عديدة لأمراض بكتيرية تصيب معظم النباتات، ويمكن القول إنه لا يوجد محصول إلا ويصاب بواحد أو أكثر من الأمراض البكتيرية.

هذا وتختلف أضرار الأمراض البكتيرية وخطورتها بحسب النبات، والظروف البيئية، ففي اليابان تسبب البكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *oryzea* خسائر كبيرة على محصول الأرز، وهي تقف عائقاً أمام زراعة هذا المحصول في بعض المناطق.

كما تتسبب بكتريا اللفحة النارية *Erwinia amylovora* في القضاء على مساحات واسعة من أشجار الإجاص في الولايات المتحدة الأمريكية. ويعد هذا المرض من أخطر الأمراض التي تصيب أشجار التفاحيات وبعض الأشجار والشجيرات الحراجية والتزينية في أوروبا. ورغم اتخاذ الاحتياطات المشددة للحد من انتشاره إلا أنه يتقدم سنوياً ليهاجم مناطق جديدة، فتتسع رقعة المساحة المصابة إلى البلدان المجاورة حتى وصل إلى حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث اكتشف في جمهورية مصر العربية عام 1961، وكذلك في فلسطين ولبنان وقبرص وتركيا.

وفي فرنسا يؤدي مرض تدهور أشجار الدراق الناتج عن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *persicae* إلى القضاء سنوياً على مساحات واسعة مزروعة بهذه الأشجار.

ولا تسبب البكتريا الممرضة للنبات إضعاف النبات أو القضاء عليه فحسب، بل تؤثر أيضاً في نوعية الإنتاج. فقد يسوء طعم البندورة المصابة بالبكتريا *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* ، وكذلك الحال بالنسبة لثمار الخيار المصابة بالبكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*، أو ثمار الزيتون المصابة بالبكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* ، كما تنخفض قيمة درنات البطاطا المعدة للبذار بمجرد اكتشاف وجود بكتريا عفن الساق الأسود فيها *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* أو البكتريا *Ralstonia solanacearum* المسببة للذبول.

وفي سورية ينتشر الكثير من الأمراض البكتيرية التي تسبب أضراراً اقتصادية كبيرة، كمرض التدرن التاجي الذي تسببه البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* ، حيث تصل نسبة الإصابة في بعض المشاتل إلى 70 %، وهذا يجعل الغراس غير قابلة للتسويق.

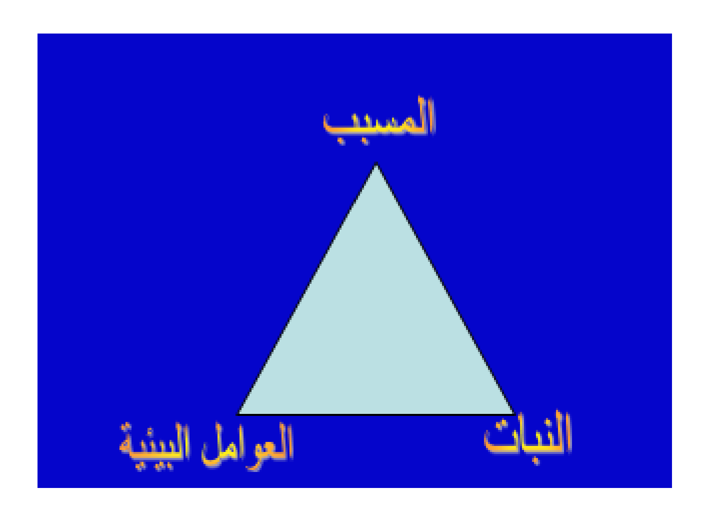
كما تؤدي بكتريا سل الزيتون *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* إلى إضعاف أشجار الزيتون وقلة الإنتاج.

وتحدث بكتريا العفن الطري *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* على البطاطا خسائر كبيرة أثناء التخزين أوفي الحقل. كما توجد أمثلة كثيرة لأمراض بكتيرية تصيب الأشجار المثمرة والخضراوات.

الفصل الثاني

الإصابة البكتيرية للنبات

تحدث الإصابة بالعامل الممرض على النبات نتيجة توافر ثلاثة عوامل أساسية تعرف بالمثلث المرضي، وهي النبات القابل للإصابة، والكائن الممرض، وتوافر ظروف بيئية مناسبة للممرض (الشكل 2-1). ولتحدث الإصابة لابد من توافر وسائل نقل الممرض للنبات ومن ثم دخوله عبر المنافذ المختلفة.



الشكل 2-1: المثلث المرضي Disease triangle لحدوث الإصابة على النبات

1- المسبب:

تتواجد البكتريا الممرضة للنبات في مواضع مختلفة تسمى: مصادر العدوى Inoculums sources . فإن من عوامل حدوث الإصابة بالبكتريا الممرضة للنبات هو وجود مصدر

حي للكائن الممرض يستطيع من خلاله أن يحدث العدوى والمرض بعد أن ينتقل إلى النبات العائل ويدخل أنسجته ويتكاثر فيه. ومن أهم مصادر العدوى :

أ. أجزاء النبات الإكثارية

تعد البذور المصابة مصدراً مهماً من مصادر الإصابة بالبكتريا الممرضة للنبات، حيث يمكن أن تتواجد البكتريا داخل البذور وتبقى حية فيها لفترة من الزمن، وعند الزراعة تنشط هذه البكتريا وتصيب البادرات كما هي حال البكتريا *Pseudomonas syringae* pv . *phaseolicola* التي تصيب الفاصولياء، أو أنها تلوث خارجياً البذور مثل بكتريا تبقع أوراق البندورة *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*، أوالتي تسبب التبقع الزاوي على أوراق القطن *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum*.

وتستطيع بكتريا العفن الطري *Ewinia carotovora* subsp . *carotovora*، وبكتريا مرض الساق السوداء على البطاطا *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* أن تحتفظ بحيويتها داخل الدرنات لفترة من الزمن، وعند زراعة هذه الدرنات الحاملة للمرض تنشط البكتريا وتنتقل إلى أجزاء النبات فوق سطح التربة وتحتها، فتحدث إصابة أولية ينتشر بعدها المرض بشكل مباشر أو غير مباشر إلى درنات أو نباتات أخرى سليمة .

وتساهم شتول وعقل النباتات المصابة في نقل المرض إلى أماكن بعيدة من العالم، كانتقال بكتريا التقرح البكتيري التي تصيب الحمضيات *Xanthomonas campestris* pv. *citri* إلى الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق شتول الحمضيات المستوردة من اليابان.

ب – بقايا المحاصيل السابقة

تعد بقايا النباتات المريضة، التي تترك في الحقل أو التي تختلط بالتربة، من المصادر المهمّة لنقل العدوى، حيث تبقى البكتريا فيها حية حتى موسم الزراعة التالي، فتنشط

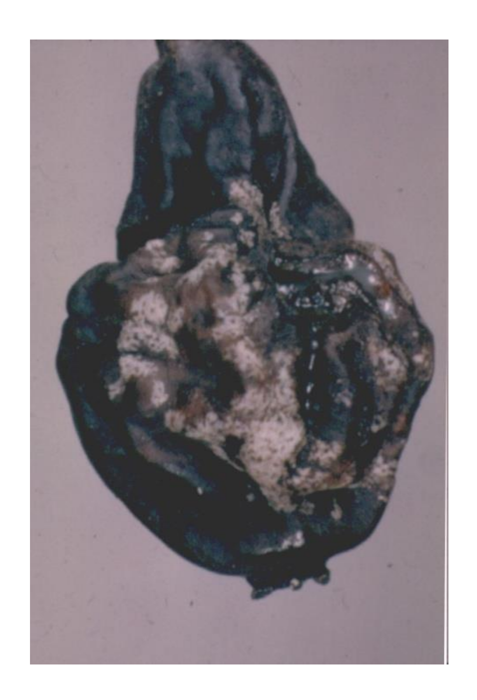
عندئذ هذه البكتريا وتعيد الإصابة من جديد. فقد وجد أن بكتريا التبقع الزاوي على القطن *Xamonthomonas campestris* pv. *malvacearum* تحتفظ بحيويتها في بقايا المحصول الجافة لفترة زمنية تختلف بحسب مكان وجودها في النبات، وتكون هذه الفترة أطول عندما تتواجد البكتريا في بقايا ساق النبات عما إذا كانت متواجدة في بقايا الأوراق، حيث تتعرض في الحالة الأخيرة للعوامل الخارجية التي تؤثر في حيويتها.

جـ - المضيفات الثانوية

كثير من البكتريا الممرضة للنبات لا تصيب فقط المحصول الاقتصادي، بل تهاجم نباتات أخرى يمكن أن تصبح مصدراً مهماً من مصادر العدوى للمضيف الأساسي. فالبكتريا *Erwinia amylovora* التي تسبب مرض اللفحة النارية على الإجاص والتفاح، تحدث المرض أيضاً على الزعرور، ثم تنتقل منه ثانية إلى أشجار التفاحيات. ولا تصيب بكتريا سل الزيتون *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* أشجار الزيتون فحسب بل تحدث المرض أيضاً على الدفلة والياسمين والليغستروم والدردار ونباتات أخرى قد تساهم في نقل العدوى إلى أشجار الزيتون.

د. الإفرازات البكتيرية Bacterial exudates

تؤدي معظم أمراض النباتات البكتيرية إلى ظهور إفرازات بكتيرية على السطح الخارجي لأعضاء النبات المصابة أثناء الجو الرطب. وتبدو هذه الإفرازات على شكل قطرات صغيرة بيضاء أو كريميه صفراء اللون بحسب نوع البكتريا، وتعد من أهم مصادر العدوى حيث تحتوي على أعداد كبيرة من البكتريا تنتشر إلى الأجزاء النباتية المجاورة عن طريق مياه الأمطار أو الاحتكاك أو الحشرات، فمرض اللفحة النارية الذي تسببه البكتريا *Erwinia amylovora* يتميز بظهور الإفرازات البكتيرية على سطوح التقرحات التي تتواجد على الأفرع أو على الثمار المصابة، التي تبقى عالقة على الأشجار حتى الموسم التالي (الشكل 2-2).



الشكل 2-2: ثمرة إجاص مصابة بالبكتيريا *Erwinia amylovora* حيث تبدو عليها الإفرازات البكتيرية

كما تظهر الإفرازات البكتيرية على سطح ثآليل سل الزيتون الناتجة عن البكتريا *P. syringae* pv. *savastanoi*، وتشاهد الإفرازات البكتيرية على سوق نباتات الفاصولياء وأفرعها المصابة بالبكتريا *P. syringae* pv. *phaseolicola* والبكتريا *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* .

هـ البكتريا المتواجدة على سطح النبات Epiphytic bacteria

يوجد الكثير من البكتريا الممرضة للنبات على براعم النبات وأفرعه، كما تحمل الأوراق على سطحيها العلوي و السفلي أعداداً كبيرة من البكتريا التي تكون في حالة سكون أو نمو بطيء. ولا تحدث أعراض المرض إلا عندما يصل عددها إلى مستوى معين، وهذا يرجع للظروف البيئية التي تلائم نموها وتكاثرها. وتعد هذه البكتريا مصدراً مهماً

للعدوى، حيث تنتشر البكتريا من الأوراق بوساطة مياه المطر والرياح أو الاحتكاك إلى باقي أجزاء النبات أو إلى النباتات المجاورة. فقد يصل عدد بكتريا *P. syringae pv. savastanoi* على سطوح أوراق الزيتون، دون أن تبدو عليها أعراض المرض، إلى 10^5 خلية بكتيرية على السم المربع، وذلك خلال شهري نيسان وتشرين الأول.

وتختلف أعداد البكتريا التي تتواجد على سطح النبات بحسب قدرتها على إصابة هذا النبات، فالبكتريا التي تتمتع بقدرة عالية على إصابة صنف ما تتواجد على سطح أوراقه بنسبة أعلى من البكتريا ذات القدرة الإمراضية الضعيفة. كما تختلف أعداد هذه البكتريا بحسب عمر الأوراق، حيث يرتفع هذا العدد على سطح الأوراق الفتية ويقل على سطح الأوراق المسنة. كما أن لعمر النبات دوراً مؤثراً في أعداد البكتريا، حيث تزداد أعداد البكتريا *P. syringae* pv. *morsprunorum* عند الأشجار كبيرة السن، ويعود ذلك لكثافة الأورق التي تحمي البكتريا من أشعة الشمس المباشرة، كما تقلل من جفاف سطح الأوراق وتوافر نسبة رطوبة تشجع تكاثر هذه البكتريا.

و- التربة

لا تستطيع معظم البكتريا الممرضة للنبات أن تحتفظ بحيويتها في التربة لفترة طويلة من الزمن، ويعود ذلك لوجود أحياء دقيقة أخرى (بكتريا- فطريات- بكتريوفاج) تنافس البكتريا الممرضة كما تفرز مضادات حيوية تمنعها من النمو. وقد يكون تأثير البكتريا المنافسة شاملاً أعداد مختلفة من البكتريا الممرضة، أو قد يكون تأثيرها متخصصاً تجاه نوع واحد. ولكن تستطيع بعض أنواع البكتريا الممرضة أن تبقى حية في التربة لفترات طويلة مثل بكتريا التدرن التاجي *Agrobacterium tumefaciens* التي تبقى حية في التربة لعدة سنوات. وكذلك البكتريا *Pseudomonas solanacearum* المسؤولة عن مرض الذبول البكتيري الذي يصيب كثيراً من النباتات التابعة للعائلة الباذنجانية.

2- وسائل انتشار الأمراض البكتيرية:

تنتقل البكتريا الممرضة للنبات من مصادرها الأولية إلى نباتات أو أجزاء نباتية سليمة بوسائل مختلفة:

آ- ا لأمطار

يؤدي سقوط الأمطار إلى خروج إفرازات بكتيرية من النباتات المصابة ببعض الأمراض البكتيرية، وهذا ما يسمح للبكتريا بالانتقال من جزء نباتي مصاب إلى جزء سليم. كما تؤدي الأمطار المترافقة برياح قوية إلى نقل البكتريا إلى مسافات بعيدة في الحقل الواحد.

ب- الأدوات والآلات الزراعية

تساهم أدوات التقليم في نقل الكثير من الأمراض البكتيرية وانتشارها، كمرض بكتريوز الكرمة الذي تسببه البكتريا *Xanthonionas ampelina*. كما تعمل سكاكين التطعيم والسكاكين المستخدمة في تقطيع درنات البطاطا إلى نقل كثير من الأمراض، مثل مرض الساق السوداء الذي تسببه البكتريا *Envinia carotovora* subsp. *atroseptica* . كما تؤدي آلات الجني الآلي لكثير من المحاصيل إلى حدوث جروح في نسيج النبات ونقل البكتريا إليها، كما هي الحال في آلات جني البطاطا التي تساهم في نقل بكتريا العفن الطري *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*.

جـ- الإنسان

يساهم الإنسان بشكل مباشر أوغير مباشر في نقل الأمراض البكتيرية، وذلك من خلال ملامسته للنباتات المصابة ومن ثم النباتات السليمة، وفي أثناء تجواله في الحقل، كمساهمته في نقل مرض تقرح البندورة الذي تحدثه البكتريا *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganens* .

ويساهم الإنسان بشكل غير مباشر في نقل المرض أثناء نقله الغراس أو الشتول أو البذور المصابة من منطقة إلى أخرى، أو من بلد إلى أخر، أو نقله لتربة ملوثة من مكان إلى آخر.

د - الحشرات

تنقل الحشرات الكثير من الأمراض البكتيرية، فيعد نحل العسل أحد النواقل الأساسية لبكتريا اللفحة النارية *Erwinia amylovora* . كما أكد بعض الباحثين على وجود علاقة تعايش مابين ذبابة ثمار الزيتون *Dacus oleae* وبكتريا سل الزيتون *Pseudonionas syringae* pv. *savastanoa* حيث تعمل البكتريا التي تتواجد في القناة الهضمية للحشرة على تحليل بروتينات ثمار الزيتون التي تغذت عليها الحشرة، فتحرر الأحماض الأمينية كالميثيونين Methionine والثيامين Thiamine اللذين تحتاجهما الحشرة أثناء نموها.

وقد تساهم الطيور في نقل بعض الأمراض أثناء رحلاتها البعيدة وتغذيتها على أجزاء نباتية مصابة، كما هي الحال في مرض اللفحة النارية.

وكذلك تلعب الديدان الخيطية دوراً مهماً في نقل بعض الأمراض البكتيرية وحدوث الجروح التي تسمح للبكتريا بدخول النبات وإحداث الإصابة. كما قد تحدث العدوى عن طريق احتكاك جذور النباتات بعضها ببعض.

3- إصابة البكتريا للنبات

تتميز إصابة النبات بالبكتريا الممرضة من الإصابة بالفطريات بأن البكتريا متحركة بوساطة أهداب تتواجد على سطحها الخارجي، فتستطيع بذلك الانتقال بوجود الماءعلى سطح المضيف، وتعد حركة البكتريا عنصر من العناصر التي تميز شراسة البكتريا

Agressivity وقـدرتها الإمراضـية. وتختلـف حركـة البكتريـا بحسـب نـوع البكتريـا، ودرجة الحرارة، كما تتأثر حركة البكتريا بتركيب الوسط الذي توجد فيه.

ولكي تتم الإصابة يجب أن تحتوي الخلية البكتيرية على جدارها الخـارجي علـى مركبـات خاصة تستطع أن تتحد مع مركبات أخرى محددة تتواجد على جدار الخلية النباتيـة وتعمـل كمراكز استقبال لهذه البكتريـا، وبـذلك تلتصـق البكتريـا بالخليـة النباتيـة وتبـدأ بالتكـاثر. هذا وإن البكتريـا الممرضـة للنبـات لا تسـتطيع اختـراق العائـل والـدخول إلـى أنسـجته مباشـرة ولكن يتم ذلك عبر الفتحات الطبيعية للنبات أو عبر الجروح.

أ- دخول البكتريا عبر الفتحات الطبيعية Penetration by natural openings

ا- الثغور Stomata

تتواجد فتحات الثغور علـى سطحي الورقـة بمعـدل 50- 500 ثغر / مم ^{2}. وتقدر مسـاحـة فتحـة الثغـور بــ 4- 24 ميكرومتـراً مربعـاً حيث تسمح هذه الفتحـات بمـرور البكتريـا مـن خلالها بسهولـة لأن أبعاد البكتريـا تتـراوح مـا بين 0.5 – 0.7 x 1- 1.5 ميكرومتـراً. وقد لاحظ كل من Panapolus و Schroth بـأن البكتريـا *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* تستطيع عبور الثغور بمعدل 150 – 375 خلية بكتيرية/ دقيقة عند رش معلـق مـن هـذه البكتيريـا يحتـوي علـى 10^6 خليـة بكتيريـة / ميليلتـر علـى أوراق الفاصولياء.

2- ا لعديسات Lenticel

يـؤدي انقسـام الطبقـة المولـدة للفلين (فيلـوجين) إلـى إحـداث ضـغط علـى الخلايـا المتفلّنـة المتماسكة، وهذا يؤدي إلى حدوث تصدعات في طبقـة الخلايـا الفلينيـة ممـا يسمح للبكتريـا بالدخول عبرها عند توافر الرطوبة العالية أو غشاء مائي.

3- الندب الورقية Leaf scares

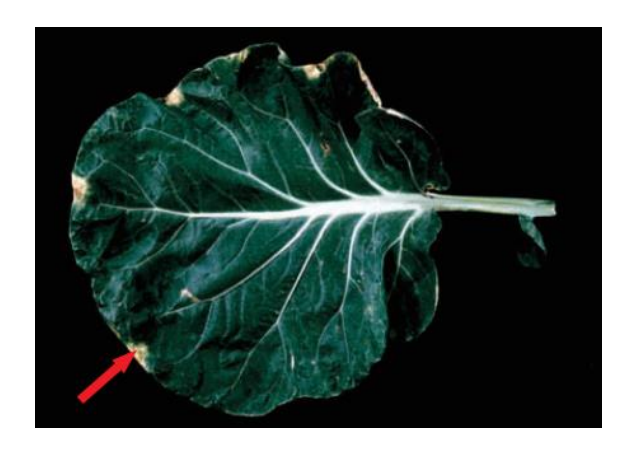
يؤدي انفصال الأوراق في الخريف نتيجة عوامل الشيخوخة إلى تكوين جروح تدخل البكتريا عبرها أنسجة النبات وتصل إلى الأنسجة الناقلة وأنسجة البارانشيم. وقد بينت الدراسات أن حساسية الندب الورقية للبكتريا تقل مع مرور الوقت نتيجة إفراز النبات لصمغ الجروح.

4- الغدد الرحيقية والأوبار الورقية

تحدث العدوى ببعض الأمراض البكتيرية نتيجة دخول البكتريا عبر الغدد الرحيقية للأزهار، وهذا ما يحدث عند إصابة أشجار التفاح والإجاص ببكتريا اللفحة النارية *Erwinia amylovora* ، كما تشكل شعيرات الغدد المفرزة والقابلة للكسر مراكز عبور تدخل من خلالها البكتريا للنبات.

كما أن الأوبار التي تتواجد على ساق وأوراق النبات تعتبر منفذاً مهماً لبعض أنواع البكتريا. وقد وجد أن حساسية الأوبار تزداد كلما كانت الأوبار طويلة، وذات قاعدة بصلية كبيرة.

وتعد الثغور المائية Hydathodes على حواف الأوراق مداخل تستطيع البكتريا الوصول من خلالها إلى الأوعية الناقلة وحدوث الإصابة، وهذه طريقة إصابة القرنبيط بالبكتريا *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* التي تسبب مرض العروق السوداء (الشكل 2- 3).



الشكل 2- 3: دخول بكتريا *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* أوراق القرنبيط عبر الفتحات المائية المشار إليها بالسهم

ب. دخول البكتريا عن طريق الجروح

1- الجروح الناتجة عن التصدع والتشقق

تؤدي زيادة النمو الخضري الناتج عن إضافة السماد الآزوتي وزيادة الري إلى حدوث تصدعات في منطقة البيريدوم Periderm عند بعض المحاصيل الدرنية كالبطاطا مما يسمح لبكتريا العفن الطري *Erwinia carotovora* subsp.*carotovora* بدخول نسيج النبات.

وتعد أماكن تشكل الجذور الثانوية نقاطاً ضعيفة تستطيع بعض البكتريا أن تنفذ من خلالها إلى أنسجة النبات وإحداث الإصابة، وهذه هي حال الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas solanacearum* التي تسبب الذبول لبعض النباتات التابعة للعائلة الباذنجانية.

2- الجروح الناتجة عن الأدوات والآلات الميكانيكية

تعد الجروح التي تحدثها أدوات التقليم والتطعيم وسكاكين التقطيع منافذ ذات أهمية كبيرة في نقل المرض. فمعظم أورام مرض التدرن التاجي تحدث على الغراس في أماكن

التطعيم. كما تساهم الآلات الميكانيكية المستخدمة في جمع المحصول إلى حدوث جروح سطحية تسمح للبكتريا بالدخول إلى أنسجة النبات، ومثال ذلك دخول بكتريا العفن الطري *Erwinia carotovora* subsp.*carotovora* إلى درنات البطاطا حيث يتطور المرض خلال فترة التخزين.

3- الجروح التي تحدثها الحشرات والحيوانات

تساهم الحشرات أثناء تغذيتها على أجزاء النبات المختلفة أو حفرها للأنفاق في إحداث منافذ للبكتريا تدخل عبرها إلى أنسجة النبات.

كما تسمح الجروح التي تحدثها الديدان الخيطية في جذور النبات بدخول كثير من البكتريا التي تصيب النبات.

4- الجروح الناتجة عن الصقيع والبَرَد

يؤدي انخفاض درجات الحرارة أثناء الربيع إلى ما دون الصفر إلى تجمد الماء في الفراغات البينية للخلايا، مما يحدث خدوشاً وجروحاً في الطبقة السطحية للنبات، وهذا ما يسمح للبكتريا بالدخول إلى نسيج النبات بعد ارتفاع درجة الحرارة وذوبان البلورات الثلجية، وهذه حال بكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *syringe* عند إصابتها لأشجار الإجاص.

ويؤدي سقوط البرد إلى حدوث جروح وأضرار كبيرة أحيانا على المحاصيل والأشجار المثمرة تسمح بدخول وانتشار البكتريا في النبات وإحداث المرض. فقد لوحظ زيادة شدة الإصابة بمرض سل الزيتون في السنوات التي تلي هطول البرد أو حدوث الصقيع الربيعي.

4- العوامل البيئية التي تؤثر في الإصابة البكتيرية

تعد البكتريا الممرضة للنبات ذات حساسية عالية لأشعة الشمس والظروف الجوية الأخرى، وهذا يعود إلى عدم قدرتها على تكوين الأبواغ Spores، لهذا فإن بقاء البكتريا حية قادرة على الإصابة يتطلب توافر ظروف مناخية مناسبة.

أ- توفر الرطوبة الجوية والماء الحر

تشير كل الدراسات إلى أهمية الرطوبة الجوية المرتفعة وتوافر الماء الحر على سطح النبات كي تستطيع البكتريا دخول أنسجة النبات وإحداث الإصابة. فقد وجد أن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* يمكن أن تبقى محافظة على حياتها في الظروف الحارة والجافة، ولكنها لا تنمو وتتكاثر وتحدث الإصابة إلا عند توافر الرطوبة العالية والحرارة المناسبة.

ب- الحرارة Temperature

لا تستطيع البكتريا المتواجدة على سطح النبات إحداث الإصابة إلا إذا توافرت درجة الحرارة الملائمة. حيث تؤثر درجة الحرارة في تكاثر البكتريا وبالتالي في أعدادها المتواجدة على سطح النبات. ودلت الدراسات أنه يجب أن يتوافر حد أدنى من البكتريا على سطح النبات لكي تبدأ أعراض المرض بالظهور وإحداث الضرر، وإن درجة الحرارة المنخفضة تقلل من تكاثر البكتريا مما يسمح بظهور عوامل المقاومة الداخلية للنبات. فقد وجد أن بكتريا اللفحة النارية *Erwinia amylovora* لا تحدث أعراض المرض على صنف الإجاص Wiliams بينما تصيب الصنف Laxton superb، وهذا يرجع إلى أن طور الإزهار الحساس للمرض في الصنف Wiliams يبدأ عندما تكون درجات الحرارة منخفضة، وهذه غير ملائمة لنمو البكتريا فتنجو الأشجار من الإصابة. وعلى عكس ذلك في الصنف Laxton superb حيث يستمر الإزهار حتى منتصف

الصيف، فتصاب الأزهار الثانوية المتأخرة التي تؤدي إلى نقل الإصابة جهازياً إلى باقي أجزاء النبات.

جـ التغذية Nutrition

يؤثر الغذاء الذي يحصل عليه النبات في نموه الخضري، وبالتالي في حساسيته للإصابة بالبكتريا الممرضة، فقد أصبح معروفاً أن النباتات التي تحصل على كميات عالية من الآزوت تكون أكثر حساسية للإصابة بالأمراض البكتيرية، لذلك ينصح دائماً بإجراء التسميد المتوازن المحتوي على العناصر الأساسية الآزوت والبوتاس والفوسفور.

د – التهوية Aeration

تعد البكتريا التي تسبب تماوت الأنسجة (Necrose) وذبول النباتات هوائية التنفس. أما البكتريا التابعة للجنس *Erwinia* فهي هوائية لاهوائية اختيارية. وبعضها ينمو بشكل جيد في الظروف اللاهوائية كالبكتريا *Erwinia carotovora* subsp *carotovora* فهي تسبب أضراراً كبيرة على درنات البطاطا المخزنة في ظروف التهوية السيئة، وبخاصة إذا تغطت الدرنات بغشاء مائي رقيق، حيث يزيد ذلك من عملية التنفس اللاهوائي عند هذه البكتريا.

هـ الضوء Light

لم يدرس بشكل واسع تأثير الضوء في الإصابة بالبكتريا، إلا أن الملاحظات الأولية لتجارب أجريت على فول الصويا الحساس لبكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* دلت على أن تعريض النباتات لمدة أربع ساعات ظلاماً قبل إجراء العدوى وخمس ساعات بعد العدوى، أدت إلى زيادة مقاومة النباتات للإصابة بهذه البكتريا.

وبشكل عام فإن زيادة التمثيل الضوئي للنبات تساعد على الإصابة بالبكتريا الممرضة للنباتات.

و- احتقان الماء في النبات Water – soaking

تحتوي الفراغات بين الخلوية عادة على الهواء، وفي ظروف محددة تمتلئ هذه الفراغات بسوائل تحتوي على عناصر غذائية تشجع على نمو البكتريا وإصابة النبات بها. ومن العوامل التي تساعد على احتقان الماء:

1- وجود تربة رطبة دافئة مع زيادة في نسبة الأوكسجين وقلة عنصر البوتاسيوم.

2 - زيادة درجة حرارة التربة على درجة حرارة الهواء.

3 - تبلل سطح النبات بالماء مع ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء.

إذ تساعد هذه العوامل على امتصاص النبات للماء ونقله عبر الأوعية الناقلة، كما تشجع على تفتح المسامات. وتؤدي البكتريا الممرضة عند دخولها أنسجة النبات إلى زيادة نفاذية جدر خلاياه، فتؤمن بذلك الماء والعناصر الغذائية الضرورية لتكاثر هذه البكتريا، وبعدها تتخرب خلايا النبات وتموت لتشكل منطقة ميتة من النسيج النباتي Necrose . وتختلف البكتريا في قدرتها على التأثير في نفاذية جدر خلايا النبات وبالتالي على تكاثر هذه البكتريا، فالبكتريا غير المتوافقة Incompatible pathogen تنمو ببطء وهذا ما يجعل أعدادها غير كافية لإحداث المرض، كما أنها تتعرض لتأثير المثبطات والعوامل الدفاعية عند النبات. أما البكتريا غير الممرضة Non pathogen فإن أعدادها تتناقص تدريجياً نتيجة تأثير المثبطات فيها على عكس البكتريا ذات القدرة الإمراضية العالية فإن تأثرها بالمثبطات يكون ضعيفاً أو معدوماً، وتتكاثر بسرعة فتحدث المرض.

5- العائل القابل للإصابة Susceptible host-plant

تعد حجوم البكتريا الممرضة للنبات صغيرة إذا ما قيست بحجوم الخلايا النباتية. وعند دخول البكتريا أنسجة النبات ،لا يحدث هناك اتصال مباشر بين أغشية خلايا النبات الداخلية وأغشية البكتريا. حيث يفصل بينها الجدر الخلوية النباتية والجدر الخلوية للبكتريا، وكذلك المفرزات الخارجية للخلية البكتيرية.

أ- دور جدر الخلايا النباتية في حدوث الإصابة

تلعب مكونات الجدار الخلوي للخلايا النباتية دوراً مهماً في التفاعلات التي تحدث بين البكتريا والنبات. فقد يتواجد مركب Lectin عند النباتات بشكل حر وبعضها الآخر مرتبط بجدر الخلايا وأغشيتها. وتملك مركبات إلــ Lectins هذه العديد من مراكز الارتباط التي تستطيع أن تمسك وتجمع البكتريا Agglutinate وترسب Percipitate عديدات السكريات Polysaccharides والغليكوبروتين Glucoprotins وغليكوليبيدات البكتريا Glucolipides.

ب- دور مركبات الخلية البكتيرية

- السكريات الدهنية (LPS) Lipopolysaccharides : تعود حساسية المضيف لمرض ما، وتخصص البكتريا في إصابة النبات إلى مركبات السكريات الدهنية (LPS). ويفسر دور LPS في صفة التخصص هذه إلى إمكان تغيير تركيب سلاسل السكريات الآحادية دون أن يكون لذلك تأثير في حيوية البكتريا، وتستطيع هذه المركبات أن تتحد مع الـ Lectins الذي يعد مراكز ارتباط في خلايا المضيف. إلا أن العلاقة ما بين مركبات الــ Lectins و LPS قد لا تتمتع بصفة تخصصية عالية، لأن مركبات الــ Lectins المستخلصة من البطاطا تستطيع ارتصاص Agglutinate السلالات غير الممرضة من

بكتريا *Pseudomonas solanacearum* التابعة إلى الطرز البيوكيميائية الثلاثة المعروفة.

- السكريات الخارجية Extrapolysaccharides (EPS): يعد إنتاج البكتريا للسكريات الخارجية EPS صفة من الصفات التي تتميز بها البكتريا الممرضة للنبات. وغالباً ما يترافق إنتاج هذه المواد مع وجود الكبسول عند البكتريا. وإن فقد البكتريا لقدرتها على إنتاج السكريات الخارجية يترافق مع فقدها لقدرتها الإمراضية، وهذه هي حال البكتريا *Pseudomonas solanacearum* و. *Xanthomonas campestris* pv *campestris* و *Erwvinia amylovora* . لكن وجود سلالات غير ممرضة من بكتريا اللفحة النارية *E. amylovora* التي تفرز EPS وتشكل الكبسول ، يدل على أن EPS ليست هي العامل الوحيد الذي يحدد قدرة البكتريا الإمراضية. ويختلف تركيب الـ EPS من بكتريا إلى أخرى إلا أن جميعها ينحل بالماء. وللسكريات الخارجية أدوار متعددة في أحداث الإصابة المرضية:

- تعمل السكريات الخارجية على جذب الماء وحماية الخلية البكترية وإنزيماتها من مختلف العوامل المحيطية بها. كما تدخل مع الـ LPS في الارتباط بمادة الـ Lectin بخلايا المضيف. كما تساعد خاصية حلمهة الـ EPS، المسبب في الدخول إلى النبات والتقدم خلال الفراغات بين الخلوية وفي أوعية الخشب.

- تعد السكريات الخارجية عاملاً أساسياً في أحداث الذبول عند النباتات المصابة بأمراض الذبول البكتيري، وهذا يرجع إلى سمية هذه المواد، التي تعود على الأرجح إلى الوزن الجزيئي المرتفع لها. كما أن وجود المواد السكرية هذه في الأوعية الناقلة يعيق حركة الماء فيها.

مقاومة النبات للبكتريا الممرضة Resistance to bacterial pathogens

1- مقاومة النبات قبل حدوث الإصابة

تعود مقاومة النباتات للإصابة بالبكتريا إلى وجود صفات وراثية، تتمثل بالصفات الشكلية للنبات أو خواصه الكيميائية. وقد تتواجد هذه الصفات بوجود المسبب المرضي أو غيابه.

آ- الشكل الخارجي للنبات وعوامل المقاومة

Morphological expression of resistance

تؤثر الصفات الشكلية للنبات في زيادة أو خفض مقاومته للأمراض البكتيرية. فمثلا تتميز بعض أصناف التفاح بأن الغدد الرحيقية في أزهارها صغيرة، بالإضافة إلى وجود شعيرات تمنع وصول نواقل البكتريا، وبالتالي عدم وصول المسبب إلى الغدد الرحيقية الحساسة لبكتريا اللفحة النارية *Erwinia amylovona*. وتعود مناعة بعض أصناف الحمضيات لمرض التقرح البكتيري الذي تسببه البكتريا *Pseudomons citri* إلى اختلافات في تركيب فتحات المسام. كما تعود مقاومة بعض أنواع الفصة للبكتريا *Corynebacterium insidiosum* إلى قلة عدد الحزم الوعائية، وإلى سماكة القشرة cortex في الساق والجذور مقارنة بالأصناف الحساسة.

ب- عوامل المقاومة البيوكيميائية Biochemichal resistance factors

تتواجد في أنسجة النبات بعض المركبات التي تحد من نمو وتكاثر العديد من الكائنات الحية الدقيقة. ففي أوراق وسوق أشجار التفاح، يوجد العديد من المركبات الفينولية التي توقف نمو البكتريا، حيث تتأكسد مركبات الهيدروكينون إلى أشباه الكينين Semiquinon التي تمنع نمو البكتريا. ويبدو أن تأثير المركبات الفينولية المثبط لنمو البكتريا مترافق مع ظاهرة فرط الحساسية عند النبات، والمتمثلة بتماوت الأنسجة

Necrose حيث لا تستطيع البكتريا أن تنمو في الأنسجة الميتة التي تغير لونها. وقد وجد أن حساسية البكتريا موجبة الغرام تزيد بـ 10- 20 مثلاً عن حساسية البكتريا سالبة الغرام عندما تتعرض لمركبات الكينون Quinones وهيدروكينون Hydroquinon. وتؤثر مركبات الكينون والهيدروكينون في الكائنات الحية الدقيقة بإيقاف عمل بعض الإنزيمات الحيوية فيها.

2 - عوامل المقاومة الفيزيولوجية بعد حدوث الإصابة

Postinfectional - physiological resistance factors

تشتمل مقاومة النبات بعد حدوث العدوى على عدة عوامل:

آ- تفاعل فرط الحساسية Hypersensitivity

تعد ظاهرة فرط الحساسية رد فعل دفاعي يقوم به النبات تجاه بكتريا غير متوافقة مع النبات Incompatible . وتتمثل هذه الظاهرة بتخريب سريع للأنسجة، ويمر بالمراحل التالية:

ا- ارتشاح سريع لسوائل الخلايا الملامسة للبكتريا.

2 - فقد انتباج الخلايا

3 - جفاف الأنسجة وموتها.

4 - تراكم المواد المثبطة: حيث تحرض بعض أنواع البكتريا النبات على إنتاج كميات كبيرة من Phytoalexins القاتلة للبكتريا وتراكمها. فالعديد من الأنوع مثل *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* و pv *P.syringe pv.tomato* و *p.* *syringae* pv. *glycinea* و *p. syringe* pv. *phoseolicolaj* و *p. syringae* pv. *solanacearum* . إلتي تسبب فرط الحساسية على أوراق فول الصويا، تحرض الخلايا المجاورة على إفراز فيتوألكسينات phytoalexin وتراكم مادة glyceolin في

الخلايا الميتة التي تصبح كمستودع للمواد المضـادة للبكتريـا وحـاجزاً كيميائيـاً يمنـع تطـور البكتريا وتقدمها.

ب- التمنيع Immunisation

يقوم مبدأ هذا التفاعل على معاملـة النباتـات ببكتريـا مضـعفة بـالحرارة، أو ببكتريـا فقدت قدرتها الإمراضية. وتؤدي هذه المعاملة إلى تنشيط خاصية المناعة عند النبات، فيصبح مقاوماً للإصابة بالبكتريا الممرضة عند حدوث العدوى في المنطقة المعاملة. وتفسر هذه الظاهرة بنقطتين:

1- احتلال البكتريـا الضـعيفة أو غيـر الممرضـة للمواقـع التـي يجـب أن تحتلهـا البكتريـا الممرضة على خلايا النبات. وتكون مدة بقاء هذه المناعة قصيرة نحو 12 ساعة.

2 - تحريض النبات على إنتاج مواد تساعد على إيقاف نمو البكتريـا الممرضـة و تأثيرهـا الممرض. ويتوقف نجاح هذه المناعة على عدة عوامل:

ا - نسبة عدد البكتريا التي تحرض المناعة إلى عدد البكتريا الممرضة.

ب - درجة شراسة Virulence البكتريا الممرضة.

جـ- درجة المقاومة الأساسية للنبات.

د- الظروف الطبيعية التي يجري خلالها تفاعل المناعة.

هـ- الفترة الفاصلة ما بين تحصين النبات وإحداث العدوى بالبكتريا الممرضة.

جـ- تغليف البكتريا Bacterial envelopement

يمكن لبعض أنواع البكتريا أن تتوقف عن الحركة وتتجمع بعد وصولها النسيج النبـاتي، وذلك بسبب وجود شوائب وألياف دخلت معها. وهي تشكل طبقة رقيقة تحيط بها بعد تبخر الماء من الفراغات بين الخلايا.

الفصل الثالث

مراحل تطور المرض البكتيري وفيزيولوجيته

1 - نمو البكتريا وتقدمها داخل أنسجة النبات

تبدأ البكتريا بعد دخولها أنسجة النبات بالتكاثر في الفراغات بين الخلايا، أو في الأوعية الخشبية. ودلت الدراسات التي أجريت على البكتريا المسببة للتدرن التاجي *Agrobacteriurm tumefaciens* وبكتريا اللفحة النارية *Erwinia amylovora* أن العدوى بهذه البكتريا يمكن أن تحدث بخلية بكتيرية واحدة إذا توافرت الظروف المناخية المناسبة لنموها وتكاثرها. وكلما زاد عدد البكتريا التي تلامس مكان العدوى زادت النسبة المئوية للإصابة.

تهاجم بعض أنواع البكتريا مثل *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* أنسجة التخزين البارانشيمية، كما تتواجد داخل الخشب واللحاء. وتعمل هذه البكتريا على تحلل الصفائح الوسطى التي تربط الخلايا ببعضها، وعلى تخريب الجدر الخلوية وتمزيق الأغشية السيتوبلازمية.

ويتأثر انتشار البكتريا بين خلايا النبات بكمية ونوعية السوائل التي ترشح من الخلايا إلى خارجها، وقد تصبح زيادة هذه الرشاحة إلى حد كبير، عائقاً يحد من نمو البكتريا وتكاثرها، وتختلف سرعة انتقال البكتريا ضمن الأوعية الناقلة بحسب نوع البكتريا والنبات المصاب. فقد تظهر بعض البكتريا في الأوعية الخشبية بعد دقائق من حدوث العدوى كما هي الحال في البكتريا *Xanthomonas campestris pv. pelargoni* التي تصيب نبات الخبيزة التزينية. وقد يستغرق بعضها الآخر عاماً كاملاً، كإصابة الصفصاف بالبكتريا *Erwinia salicis* . وقد تتواجد بعض البكتريا داخل الأنسجة

الوعائية للنبات دون أن تسبب أية أعراض ظاهرية. وهذا يسبب مشكلة إقتصادية كبيرة بالنسبة للمحاصيل التي تتكاثر خضرياً كتجزئه نبات الخبيزة المصاب بالبكتريا *X. campestris* pv. *pelargoni* ودرنات البطاطا المصابة بالبكتريا *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* .

2 ـ النشاط الحيوي للبكتريا وأثره في النبات

تعد الأعراض التي تظهر على النبات المصاب بالبكتريا ناتج لخلل في العمليات الحيوية النباتية. ويحدث هذا الخلل من إفراز البكتريا للإنزيمات والهرمونات والسموم التي تؤثر في مختلف أنشطة النبات الحيوية.

أ- تأثير البكتريا في عملية التمثيل الضوئي The influence of bacterial infection on photosynthesis

- تسبب كثير من البكتريا التابعة لجنسي *Xanthomonas* و*Pseudomonas* حالات اصفرار على النبات ناتجة عن تحطيمها لليخضور أو منعها لتشكله. فالاصفرار الذي تحدثه بكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* على نبات فول الصويا هو نتيجة عدم تشكل اليخضور وليس تخريبه.

- كما يعود الاصفرار على النبات إلى تغيرات تحدث في نسيج الأوراق. فقد أصبح ثابتاً أن حالات الاصفرار عند النبات قد تحدث بسبب تناقص في كمية الـ RNA وبالتالي نقص في تكوين البروتينات.

- تتأثر عملية التمثيل الضوئي أيضاً بانسداد الأوعية الناقلة بالبكتريا الممرضة ومفرزاتها، فتسبب جهداً مائياً Water stress وذبولاً، وهذا يودي إلى إغلاق فتحات

الثغور، ومن ثم نقص في امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج عنه انخفاض في عملية التمثيل الضوئي.

- إن ظاهرة فرط الحساسية التي تبديها بعض النباتات نتيجة الإصابة ببعض الأنواع البكتيرية ما هي إلا وقف سريع لعملية التمثيل الضوئي ناتج عن تخريب اليخضور. كما قد تسبب بعض أنواع البكتريا تغييراً في تركيب بروتينات التيلاكوئيد Thylakoid proteins التي تدخل في تركيب غشاء الكلوروبلاست.

ب- تأثير البكتريا في تنفس النبات The influence of bacterial infection on respiration

- تسبب بعض البكتريا تغيرات في عملية تنفس النبات عند إصابته بها. فقد بينت التجارب حدوث زيادة في معدل استهلاك الأوكسجين عند ملامسة كل من البكتريا *P. syringae* pv. *pisi* و*Pseudomonas syringae pv. tabaci* لخلايا أوراق التبغ. وقد يختلف رد فعل النبات بحسب نوع البكتريا، فقد أدت معاملة خلايا أوراق التبغ ببكتريا *Peudomonas fluorescens*، التي لا تسبب فرط الحساسية عليه، إلى زيادة طفيفة فقط في معدل استهلاك الأوكسجين. وقد تترافق ظاهرة فرط الحساسية التي تحدثها بكتريا ما على بعض النباتات بزيادة كبيرة في معدل التنفس.

- تؤثر البكتريا أيضاً في المؤكسدات النهائية التي تدخل في عملية التنفس. فقد لوحظ أن أنسجة النباتات المصابة بالتدرن التاجي، يتحول فيها نظام الأكسدة النهائية من السيتوكروم أو كسيداز Cytochrome oxydas (الذي يدخل في تركيبه عنصر الحديد) عند الأنسجة السليمة، إلى الفينول أوكسيداز Phenol oxydase (الذي يدخل في تركيبه عنصر النحاس) عند الأنسجة المصابة.

- كما تعمل البكتريا أيضاً على تغيير التنفس بتحويل طرق الأكسدة التي بدلاً من أن تمر عبر دورة كريبس تتحول إلى أكسدة مباشرة للسكريات السداسية عبر دورة السكريات

الخماسـية الفوسـفات Pentose phosphate cycle . فقـد لـوحظ انخفـاض نشـاط الإنزيمات التي تحطم السكريات السداسية عبر دورة كريبس فـي أنسجة جذور الشوندر المصـابة ببكتريـا التـدرن التـاجي، وزيـادة فـي نشـاط إنزيمـات دورة السـكريات خماسـية الفوسفات.

ج - التغيرات التي تحدثها البكتريا على الجدر الخلوية Alteration on cell wall composition caused by bacterial pathogens

تتميز البكتريا الممرضة للنبات بعدم قدرتها على تطوير قوى فيزيائية تستطيع بوساطتها التغلب على وسائل الدفاع الخارجية للنبات. لذلك فلكي تستطيع إصابة النبات لابد لها من الاعتماد على الوسائل الكيميائية، وهذا يتطلب منها أن تكون قادرة على إفراز إنزيمات عديدة تستطيع تحليل مكونات الخلية النباتية المختلفة. ويتطلب إفراز كميات وافية من الإنزيمات، وجود أعداد كبيرة من البكتريا، لهذا فإن أولى مراحل إصابة النبات هي توافر الظروف المناسبة لنمو البكتريا وتكاثرها.

1 - تحلل الكيتين والسوبرين Cutin and suberin degradation

تعد بشرة النبات التي تغطي السطح الخارجي لأجزاء النبات الهوائية والأرضية عائقاً يعترض دخول البكتريا. وتتركب بشرة النبات من مادة الكيتين في الجزء الهوائي منه ومن السوبرين في الجزء الأرضي. و لم تثبت الدراسات حتى الآن قدرة البكتريا على تفكيك القشيره في الجزء الهوائي من النبات. بينما تستطع بعض أنواع البكتريا تحليل السوبرين في جذور النبات. فقد وجد أن البكتريا *Pseudomonas solanacearum* تستطيع إصابة جذور بعض نباتات العائلة الباذنجانية على الرغم من غياب أي جروح خارجية عليها، وذلك عند توافر أعداد كافية من البكتريا (3،2 * 10^8 خلية بكتيرية/ ميليلتر ماء) في التربة المحيطة بالجذور، حيث يعتقد أن اختراق البكتريا للجذور ربما

يحدث في نقطة تفرع الجذور الثانوية التي تغطى بغلاف جيلاتيني تستطيع البكتريا أن تهضمه بإنزيماتها. كما قد لا تخلو نقطة تفرع الجذور الثانوية من التصدعات والشقوق التي تكشف حمض الغالاكتورونيك Galactoronic acid الذي يمكن أن يكون النقطة الأولى التي تهاجمها البكتريا.

2 - تحلل البكتين Pectin degradation

يمتاز العديد من الأنواع البكتيرية بقدرتها على إفراز إنزيمات تحلل بكتين الخلايا النباتية الذي يدخل في تركيب الصفائح الوسطى. ودلت الدراسات المخبرية أن البكتريا الممرضة للنبات تفرز العديد من هذه الإنزيمات (الجدول 1) مثل: pectate lyase، oligogalacturonase، pectin methylesterase، polygalacturonase، pectin lyase، وتختلف شراسة البكتريا باختلاف نشاط هذه الإنزيمات الذي يتأثر بعوامل عديدة:

- إن النشاط الإنزيمي الذي تبديه بعض أنواع البكتريا مخبرياً، ليس بالضرورة أن يفسر قدرتها على أحداث المرض على النبات، فمثلاً تمتاز كل من البكتريا *Erwinia aroidae*، و*Pseudomonas syringae* pv. *syringae* بإفرازها للإنزيمات المحللة للبكتين، إلا أن البكتريا الأولى لا تستطيع إصابة البطاطا، بينما البكتريا الثانية تحدث الإصابة وتسبب المرض عليه. ويفسر ذلك باختلاف سرعة إنتاج الإنزيمات الذي يستغرق 4 ساعات من بداية العدوى في حال البكتريا *E.aroidae* التي تستطيع التغلب على القوى الدفاعية التي يشكلها النبات عند إحداث الجروح عليه. بينما يستغرق إفراز هذه الإنزيمات 10 ساعات عند البكتريا *P. sgringae* pv. *syringae* خلال هذا الوقت تكون الآلية الدفاعية التي تتألف من الخلايا المحتوية على السوبرين Suberized cells قد تقدمت مما يمنع بذلك حدوث الإصابة بالبكتريا المذكورة.

وقد دلت الدراسات أن درجات الحرارة تؤثر في كمية الإنزيمات المفرزة من خلال تأثيرها في انقسام البكتريا وتكاثرها. ويمكن تلخيص العوامل التي تنظم إفراز الإنزيمات المحللة للبكتين في أنسجة المضيف بالتالي:

ا- معدل نمو البكتريا.

2- سرعة إنتاج الأنريمات المفرزة.

3 - إنتاج البكتريا للأحماض.

4 - الآلية الدفاعية عند النبات.

5- درجة الحرارة السائدة بعد العدوى.

3- الإنزيمات المحللة للسلولوز وشبه السلولوز

Cellulose and hemicellullose degrading enzymes

لايزال تحلل السلولوز وشبه السلولوز بالبكتريا الممرضة للنبات غير واضح بعد. وتشير الأبحاث الحديثة لدور إنزيمي السلولاز Cellulase وشبه السلولازHemicellullase في تطور المرض. فقد دلت التجارب أن العزلات غير الممرضة أو ذات القدرة الإمراضية الضعيفة من البكتريا *Pseudomonas solanacearum* تبدي نشاطاً ضعيفاً لإنزيم السيلولوز، بينما تظهر العزلات الشرسة نشاطاً قوياً لهذا الإنزيم. ويعتمد تحلل الجدر الخلوية على إنزيم Pectin lyase الذي يحلل بكتين الصفائح الوسطى، فيعرض بذلك ألياف السيلولوز وشبه السيلولوز لتأثير الإنزيمات المحللة لهما.

4 - تحلل بروتينات وليبيدات الجدار الخلوي والغشاء البلاسمي لخلايا النبات

Protein and lipid degradation in the plant cell wall and plasmamembrane

تستطيع بعض البكتريا تحليل الجيلاتين وتخريب بروتينات الحليب مخبرياً. وقد تبين أن السلالات الشرسة تظهر نشاطاً إنزيمياً عالياً في تحليلها لبروتينات الخلايا بإفرازها

إنزيمـي Proteinases و Proteases كمـا تحلل دهـون الخلايـا بإفرازهـا إنزيمـي Phospholipase و Phosphatidases التي تسبب موت الخلايا النباتية.

الجدول 2-1: الإنزيمات التي تفرزها البكتريا الممرضة للنبات والمحللة لمكونات الخلية النباتية

Plant structure	Building block/nutrient	Degradative enzyme
Cutin (cuticle)	Fatty acid peroxides	Cutinase
Suberin (cork layers)	Fatty acid polyesters	Suberin esterase
Cellulose (cell wall)	Glucose monomer	Cellulases, C_1, C_2, C_x, β-glucanase
Hemicelluloses (cell wall)	β-1,4-linked xylans	Xylanases
Proteins (cell wall)	Polypeptides	Proteases, proteinases
Pectic substances (cell wall and middle lamellae)	Galacturonans	Pectate lyase, oligogalacturonase, pectin methylesterase, pectin lyase, polygalacturonase
Proteins (cytoplasmic membrane, CM)	Polypeptides	Proteases, proteinases
Phospholipids (CM)	Phospholipids	Phospholipase
Phosphatidyl compounds (CM)	Phospholipids	Phosphatidases
DNA	3-deoxy polynucleotides	Deoxyribonucleases
RNA	Ribopolynucleotides	Ribonucleases

د ـ تأثير البكتريا في تفاعلات الاستقلاب عند النباتات المصابة

The effect of bacteria on metabolism in infected plants

تؤثر البكتريا الممرضة للنبات عند دخولها أنسجة العائل، في كثير من تفاعلاته الحيوية:

1 ـ تحدث البكتريا تغيرات فـي تكوين الأحمـاض الأمينية، فقد تـؤدي إصـابة الفاصـولياء بالبكتريـا *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* إلـى تـراكم الأرنـوثين Ornothine والهيستيدين Histidine فـي أنسـجة النبـات المصـابة، ممـا يسـبب اصـفرار أنسـجة الأوراق وتماوتهـا، كمـا تـؤدي إصـابة نباتـات التبـغ بالبكتريـا *Pseudomonas*

syringae pv. *tabaci* إلى حدوث خلل في دورة الآزوت داخل النبات، وبالتـالي تـراكم NH3 الذي يؤدي إلى اصفرار النبات وموت الأنسجة المصابة.

وتؤدي إصابة النباتات بالبكتريا *Pseudomonas solonacearum* إلى زيادة فـي كميـة L– phenylalanine، وتراكم حمض الانـدول الخلـي (Indol acetic acid (I. A.A، ويعـود ذلـك إلـى زيـادة كميـة السـكوبولتين المثبطـة لإنـزيم IAA oxidase . كمـا تـؤدي إصابة أوراق أشجار التفاح وأفرعها ببكتريا اللفحة الناريـة *Erwinia amylovora* إلـى زيادة في تركيز المركبات Isoflavon و Aurones .

2 ـ تـؤثر بعـض البكتريـا فـي التفـاعلات الحيويـة للنبـات عـن طريـق تأثيرهـا فـي الصـفات الوراثيـــة لـــه. فـــالأورام التـــي تحـــدثها بكتريـــا التـــدرن التـــاجي *Agrobacterium tumefaciens* على النبات ناتجة عن إرسال هذه البكتريـا لقطعـة T-DNA مـن بلاسـميد Ti إلـى خليـة النبـات التـي تبـدأ بعـدها بالانقسـام السـريع وإفـراز أحمـاض أمينيـة تعـرف بالأوبينـات Opines، حيـث تسـتطيع البكتريـا المسـببة للمـرض فقـط أن تسـتفيد منهـا فـي تغـذيتها وتكاثرهـا. وهـذا مـا يسـمى بالتطفـل الـوراثي. والجـدير بالـذكر أن الأوبينـات Opines هذه لا تتواجد في أنسجة النباتات السليمة.

3 ـ تعمل بعض البكتريا الممرضة للنبات على إحداث تغيرات في طبيعة منظمـات النمـو، حيث يتم نمو النبـات وتطـوره بشـكل طبيعـي تحـت تـأثير هذه المنظمـات التـي تتواجـد فـي النبـات بتراكيـز محـددة. وإن أي انحـراف عن المسـتوى الطبيعـي لهـذه المركبـات، والـذي يمكن أن ينتج عن إصابة مرضية، يؤدي إلى خلـل فـي نمـو النبـات الطبيعـي. فقد تنـتج كـل مـن البكتريـا *Agrobacterium tumefaciens* و *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*،أو قد تتسبب في إنتـاج حمـض الإنـدول الخلـي (IAA) الـذي لـه دور كبيـر فـي التحـريض علـى انقسـام الخلايـا وتكـوين الأورام علـى النبـات. وتكـوين هـذه الأورام لا يتوقف علـى إفـراز البكتريـا لـ IAA فقط وإنمـا علـى السـيتوكينين Cytokinin أيضـاً الـذي تفرزه البكتريا المذكورة.

4 - تعود زيادة بعض الغازات في النبات إلى أسباب مرضية، فظاهرة النضج المبكر لثمار الموز المصابة بالبكتريا *Pseudomonas solanacearum* تعود إلى زيادة كمية الإثيلين الداخلية، ويمكن لأنواع بكتيرية تابعة للأجناس *Xanthomonas* و*Erwinia* أن تنتج مخبرياً كميات من هذا الغاز.

ويلعب حمض الأبسيسيك دوراً مهماً في ظهور بعض أعراض الأمراض البكتيرية. ويعد هذا المركب مثبطاً للنمو وأحد عوامل الشيخوخة عند النبات. كما وجدت علاقة وثيقة ما بين زيادة تركيز هذا الهرمون في النبات وأعراض الذبول الناتجة عن الإصابة بالبكتريا *P..solanacearum* .

هـ- أثر السموم البكتيرية في النبات

The effect of bacterial toxins on plant

يعود معنى Toxin إلى الكلمة اليونانية Toxicon وتعني السم، والسموم النباتية (الذيفانات) Phytotoxins تنتجها الأحياء الدقيقة كالبكتريا والفطريات، فتؤثر في الوظائف النباتية. وتتميز السموم النباتية بأوزانها الجزيئية الخفيفة (أقل من 1000 دالتون) تنتقل في النبات وتؤثر فيه حتى عندما تكون بتراكيز منخفضة. ليس لها صفات هرمونية أو إنزيمية أو وراثية، وتسبب أعراضاً مختلفة على النبات كالاصفرار، واللفحة، والتماوت الموضعي، والذبول وغير ذلك. ومن أهم السموم التي تفرزها البكتريا الممرضة للنبات:

1 - تابتوكسين Tabtoxin:

تفرزه البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* التي تسبب مرض لفحة نبات التبغ، والتي من أعراضها اصفرار الأوراق على شكل هاله تحيط ببقع بنية ميتة. ويعمل هذا السم على إيقاف عمل الإنزيم غلوتامين سانتيتاز Glutamin synthetase الذي

يعمـل كوسـيط فـي أثنــاء تحـول حمـض الغلوتــامين Glutamic acid إلــى غلوتــامين Glutamin، وهذا يؤدي إلى تراكم NH_3 الذي يسبب اصفرار نسيج النبات وتماوته.

Glutamine sunthetaese (G.S)

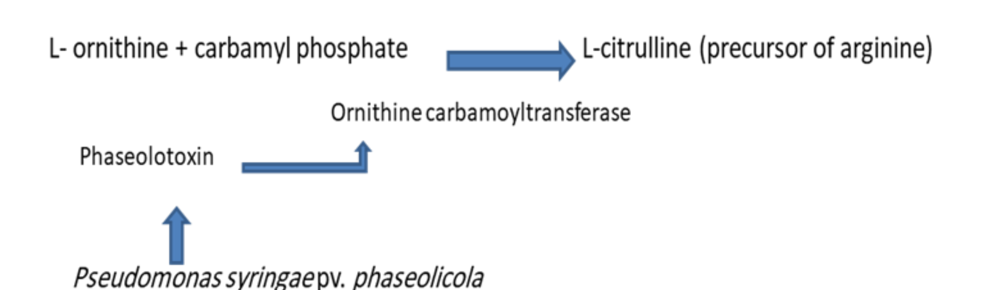
glutamic acid + NH_3 ———————————— L – glutamine

ولـهذه الأعراض علاقة بعملية التنفس والتمثيل الضـوئي لأن 83 % من NH_3 المتكونـة في النبات ناتجة عن عملية التمثيل الضوئي، والنسبة الباقية تنتج من إرجـاع النترات. وإن أي خلـل يحـدث فـي دورة الآزوت نتيجـة تعطـل عمـل إنـزيم G.S بوسـاطة Tabtoxin يؤدي إلى تراكم النشادر، وإحداث أعراض المرض على النبات.

وتسـتطيع البكتريـا *Pseudomonas syringae* pv. *coronajaclens* أن تنـتج هـذا السم. كما تنتج هذه البكتريا وبكميات أقل مركباً نظيراً للسم تاب توكسين هو 2- serine tabtorin . ويعد مركب Tabtoxin غير ثابت، إذ يتحول خلال فترة قصـيرة إلـى شكل غير فعـال بيولوجياً Iso- tabtoxin ، وتتوقـف مـدة فعاليتـه علـى عوامـل مختلفـة كدرجـة الحرارة ودرجة pH ، ويقدر نصف عمر هذا المركب بيوم واحد فقط.

2 - فاصيولوتوكسين Phaseolotoxin

تفرز هذا السم البكتريـا *Pseudonionas syringae* pv. *phaseolicola* التـي تسـبب مرض اللفحة الهالية على الفاصولياء، والتي من أعراضها تماوت نسيج الأوراق مع هالـة كبيرة صفراء تحيط بالأنسجة الميتة. يعمل السم فاصيولوتوكسين على إيقاف عمل الإنـزيم (O.C.tase) Ornothine - carbamy transefease ممـا يـؤدي إلـى تـراكم الــ Ornithine ويقلـل مـن كميـة السيترولين وبالتـالي الأرجنـين المتشـكلة والتـي تـدخل فـي تركيب الأحماض الأمينية والبروتينات والإنزيمات التي تسـاهم فـي تخليـق اليخضـور عنـد النبات.



ويخفض الفاصيولوتوكسين أيضاً من نسبة 5 - amino - levulinique الذي يعد البادئ precurseur في تخليق اليخضور. كما يؤثر هذا الذيفان في تكوين الأحماض الدهنية. وتنتج البكتريا مركباً نظيراً للذيفان الفاصيولوتوكسين هو 2- serine phaseolotoxin الذي يتواجد بنسبة 5- 10% من الفاصيولوتوكسين. ويعد الفاصيولوتوكسين مركباً ثلاثي الببتيد، إذ يتألف من الآلانين Alanine وأحماض أمينية قاعدية مثل Homoargenine وOrnithine مرتبطة مع جذر الفوسفات الذي يرتبط بدوره مع مجموعة سلفات.

3 - سيرنغومايسين Syringomycine

تم عزل هذا السم من البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* عام 1968. يؤثر في النبات فيسبب اصفرار أوراق الذرة وتماوتها نتيجة تأثيره في الجدر الخلوية للنبات، كما يعمل على تنشيط إنزيم DNA – polymerase، ويثبط إنزيم RNA polymerase . يتركب هذا الذيقان من البيبتيدات السداسية: جزيئتين من Serine وجزيئة من Phenylalanine وجزيئة Argenine وحمض أميني شبيه بالليسين.

وقد وجد أن البكتريا التي تصيب الليمون تنتج السم Syrngotoxine بدلاً من Syringomycine، وكلا المركبين له فعالية المضادات الحيوية، فهما يؤثران في نمو *Geotricum candidum*، كما يتشابهان في تأثيرهما في النبات. يتركب

Syringotoxine مـــن الثريـــونين Threonine والغليســـين Glycine وأورنـــوثين Ornothine ومواد أخرى غير محددة.

4 - كوروناثين Coronathine

تنتجـه العديـد مـن البكتريـا مثـل *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* ، و *P. syringae* pv. *glycinea*، و *P. syringae* pv. *atropurpurea* ، ويسبب هذا السم اصفرار أنسجة النبات وتماوتها، و لم يعرف حتى الآن آلية تأثيره في النبات.

5 - Tagetotoxine

تنتج هذا السم البكتريا *P. syringae* pv. *tagetis* التـي تسبب تمـاوت أنسـجة النبـات واصفرار الأوراق الطرفية، ويسبب أيضاً تشوهاً في تركيب الكلوربلاست.

هذا وقد تـم عـزل مركبـات عديـدة مـن البكتريـا الممرضـة للنبـات، إلا أنـه لـم يتحـدد بعـد تركيبها الكيميائي وانتماؤها إلـى السموم النباتيـة. وأهم البكتريـا التـي تفرز هذه المركبـات هـــي: *Erwinia amylovora* وتنـــتج المركـــب أميلوفـــورين Amylovorine . و*Pseudomonas solanacearum* . و *Xanthomonas campesiris* pv. *oryzae* . و *Clavibacter michiganens* subsp. *insidusum*. و *Clavibacter michiganens* subsp. *michiganens*. و *Clavibacter michiganens* subsp. *sepedonicus* .

العوامل التي تؤثر في إفراز السموم البكتيرية:

تعود قدرة البكتريا على إنتاج السموم إلى صفات وراثية يعتقد بأنها توجد علـى البلاسميد كمـا هـي الحـال عنـد البكتريـا *p.syringae* pv.*atropurpurae* ، ولكـن وجـد أيضـاً أن

بعض البكتريا مثل *P. syringae* pv. *phaseolicola* ترتبط صفة إنتاج السم Phaseolotoxine بمورثات تحمل على الكروموزوم .

كما تؤثر العوامل الفيزيائية والكيميائية مخبرياً في كمية السموم التي تفرزها البكتريا. فقد تبين أن تحريك المعلق البكتيري بشكل دائم يشجع على انتشار الذيفانات من البكتريا وتحررها.

وتتأثر كمية السموم التي تنتجها البكتريا بتركيب الوسط الذي تنمو فيه. فقد لوحظ أن كمية الذيفان الذي تفرزه البكتريا *p.syringae* pv. *tomato* تزداد في الأوساط المغذية التي تحتوي على الغليسرول. كما وجد أن إنتاج البكتريا للذيفان Syringomycine يرتبط بشكل مباشر بتوفر أيونات الحديد في الوسط.

كما تؤثر درجات الحرارة بشكل واضح في إنتاج البكتريا لبعض أنواع السموم مثل Phaseolotoxine، فقد لوحظ أن الإنتاج الأعظمي لهذا السم يتم عند درجة 18°م، بينما تكون درجة الحرارة المثلى لنمو وتكاثر البكتريا المنتجة له *p. syringae* pv. *phaseolicola* هي 25 مْ. تتميز بعض السموم التي تفرزها البكتريا بأن لها فعالية المضادات الحيوية، فقد لوحظ أن Phaseolotoxine يمنع نمو البكتريا مخبرياً، كما أن السم Tabtoxine يمنع نمو كل من *Micrococcus luteus* و*E.coli*. ويستطيع كل من Syringomycine و Syringotoxine وقف نمو العديد من الأحياء الدقيقة كالبكتريا والفطريات وبعض الأشنيات.

الفصل الرابع

مكافحة الأمراض البكتيرية

Control of bacterial plant diseases

تعتمد طرائق مكافحة الأمراض البكتيرية على التدخل في دورة حياة المرض في الوقت المناسب، بهدف التخلص من مصادر العدوى ووسائل انتشارها، وتخفيض أعداد البكتريا على سطح النبات ومنعها من الدخول إليه. وتتلخص طرائق مكافحة الأمراض البكتيرية بالنقاط التالية:

1 - استخدام الأصناف المقاومة Resistant varieties

تختلف النباتات في الطبيعة بصفاتها الوراثية التي قد تنعكس على قابليتها للإصابة بالأمراض المختلفة. لذلك يعتبر انتخاب النباتات التي تتمتع بقدرة عالية على مقاومة الأمراض وتحسينها وراثياً، أفضل الطرائق لتجنب الأضرار الكبيرة التي تنجم عن بعض الأمراض البكتيرية. إلا أنه يجب الانتباه والحذر والاستمرار في مراقبة هذه الأصناف الجديدة لخطر إصابتها مرة أخرى بسلالات جديدة من البكتريا ذات شراسة عالية وقدرة كبيرة على الإصابة لأن من صفات البكتريا إحداث تغيرات مستمرة في طبيعتها الوراثية التي قد تنعكس على قدرتها الإمراضية.

2- اتباع الطرائق الزراعية المناسبة

تهدف الطرائق الزراعية إلى التخفيض ما أمكن من أعداد البكتريا في الحقل، سواء بالتخلص منها، أو بعدم توفير الظروف البيئية الملائمة لنموها وتكاثرها، وأهم هذه الطرائق:

أ - تجنب التسميد غير المتوازن، لأن زيادة التسميد الآزوتي يشجع النمو الخضري ويضعف مقاومة النبات للمرض.

ب- تنظيم الري وعدم الإفراط فيه، لأن ذلك يخلق ظروفاً ملائمة لنمو البكتريا، وتعد طريقة الري بالتنقيط من أفضل طرائق الري، حيث تسمح بالتحكم بكمية المياه وتجنب زيادة الرطوبة الجوية.

ج- التخلص من الأعشاب والنباتات الأخرى في الحقل، فهي تعد مضيفات ثانوية تستطيع البكتريا أن تنمو عليها.

د - تفادي إحداث الجروح على النباتات أثناء القيام بالعمليات الزراعية المختلفة، لأن الجروح هي المنافذ الرئيسة التي تدخل منها البكتريا إلى النبات.

هـ- استخدام بذور وشتول سليمة وخالية من البكتريا الممرضة، وذلك بشرائها من مصادر موثوقة تحمل شهادات صحية، ويجب تطبيق قوانين الحجر الزراعي فيما يتعلق باستيراد البذور والشتول من البلدان التي يثبت فيها وجود أمراض خطيرة.

و- مقاومة الحشرات التي تساهم في نقل البكتريا الممرضة للنبات كذبابة الزيتون التي يعتقد بأنها تنقل مرض سل الزيتون. كما يجب تطبيق قوانين الحجر الزراعي بشأن طوائف النحل المستوردة من بلدان ينتشر فيها مرض اللفحة النارية، حيث يسهم النحل في نقل وانتشار هذا المرض أثناء تغذيته على رحيق الأزهار المصابة.

ز- تعقيم الأدوات المستخدمة في العمليات الزراعية كمقصات التقليم و سكاكين التطعيم وتقطيع الدرنات وغيرها باستخدام المواد الكيميائية المناسبة كالكحول أو ماء جافل، أو استخدام الطرائق الفيزيائية كالحرارة والأشعة.

3- المكافحة الحيوية Biological control

يمكن لبعض الأحياء الدقيقة أن تستخدم في منع نمو وانتشار بعض أنواع البكتريا الممرضة للنبات مثل:

أ- البكتريا المنافسة Antagonist bacteria : حيث تمتلك بعض أنواع البكتريا قدرة كبيرة على النمو السريع ومزاحمة البكتريا الممرضة، فتحتل مكانها في مواقع الإصابة على النبات.

ب- تستطيع بعض أنواع البكتريا بالإضافة إلى قدرتها العالية على المنافسة، إفراز مضادات حيوية تمنع نمو البكتريا الممرضة. ويعد استخدام السلالة K84 من البكتريا *Agrobacterium radiobacter* من أنجح الطرائق الحيوية في مكافحة مرض التدرن التاجي، حيث تفرز البكتريا المستخدمة في المكافحة المضاد الحيوي Agrocine الذي يمنع نمو البكتيريا الممرضة.

جـ- استخدام البكتريا المحسنة وراثياً: تسبب البكتريا *P. syrigae* pv. *syringae* مرض جفاف أزهار الإجاص الذي يتزامن مع حدوث الصقيع الربيعي، وتتميز هذه البكتريا بقدرتها على تحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة عندما تكون درجات الحرارة قريبة من الصفر (-1 إلى - 5مْ)، وهذا ما يزيد من أضرار الصقيع. وتحدث هذه الظاهرة نتيجة لوجود مورثة على الصبغي يطلق عليه (+ice) لتمييزها عن المورثة (- ice) الموجودة عند البكتريا التي لا تستطيع تجميد الماء عند درجات الحرارة المنخفضة. ونتيجة استخدام تقانات الهندسة الوراثية الحديثة، فقد تم نقل المورثة (- ice) إلى البكتريا الممرضة، مما جعل هذه البكتريا تفقد قدرتها على تجميد الماء. إلا أن استخدام هذه الطريقة لازال قيد البحث والدراسة، بالإضافة إلى أن علماء البيئة يبدون تحفظهم ومعارضتهم تجاه استخدام هذه التقانات الوراثية لخوفهم من حدوث خلل في التوازن البيئي الطبيعي.

د- استخدام الفاجات البكتيرية (البكتريوفاج) Bacteriophage

البكتريوفاج هي فيروسات تهاجم البكتريا وتتكاثر بداخلها وتقضي عليها. وقد استخدمت هذه الطريقة في محاولة لمكافحة بعض الأنواع البكتيرية التي تسبب أمراضاً للنبات. لكن

كل المحاولات لم تصل إلى حيز التطبيق الحقلي ولازالت قيد التجارب لما تواجهها من صعوبات في:

أ- إنتاج كميات كبيرة من البكتريوفاج.

2- التكلفة العالية التي تتطلبها تنمية البكتريوفاج بكميات كافية.

3 - صعوبة المحافظة على حيوية البكتريوفاج أثناء حفظه وتخزينه لمدة طويلة.

4- المكافحة الكيميائية Chemical control

تعد المكافحة الكيميائية آخر ما يمكن التفكير به لمقاومة أمراض النبات البكتيرية، وذلك لقلة المواد المستخدمة، وصعوبة تنفيذها، كما أن لمعظم المركبات التي تقتل البكتريا آثاراً ضارة في النبات. وأهم المواد التي يمكن استخدامها في مكافحة الأمراض البكتيرية هي:

أ - المركبات النحاسية: كمزيج بوردو وأوكسي كلورور النحاس وغيرها. وذلك لما لعنصر النحاس من تأثير في البكتريا. وتختلف مواعيد المكافحة وتكرارها والتراكيز المستخدمة، بحسب نوع النبات المصاب ونوع البكتريا ودورة حياتها.

ب- استخدام المضادات الحيوية Antibiotics: المضادات الحيوية هي مركبات تفرزها كائنات حية دقيقة (كالفطريات والبكتريا و الميكوبلازما)، فتؤثر في أحياء دقيقة أخرى وتمنعها من النمو أوالتكاثر. وتعد معظم المضادات الحيوية مركبات مانعة لنمو البكتريا Bacteriostatic وليست قاتلة لها Bactericide .

ويبلغ عدد المضادات الحيوية المكتشفة حتى الآن نحو 2500 مضاد حيوي تنتمي إلى نحو 12 عائلة. إلا أن عدداً قليلاً منها يمكن أن يستخدم في مكافحة البكتريا. وتؤثر المضادات الحيوية في البكتريا بطرائق مختلفة:

1- منها ما يؤثر في تكوين الجدار الخلوي أثناء فترة النمو اللوغارتمي كالبينيسيلين Penicillin ، و فانكومايسين Vancomycin ونوفوبيوسين Novobiocin .

2- بعضـــها يـــؤثر فـــي تكـــوين الغشـــاء الســـيتوبلازمي كمركبـــات عديـــدات الببيتـــد Polypeptides ومنها بولي ماكسين Polymexine وثيرثريسين Therethricine.

3- يـؤثر بعـض المضـــادات الحيويــة فــي انفصـــال سلســلتي الـــ DNA كالميتومايســين Mitomycin وحمض الناليديكسيك Nalidixic acid .

4- إيقاف نشاط إنزيم RNA Polymerase كما هي حال المضـاد الحيوي اكتينومايسين Actinomycin وريفامايسين Rifamycin .

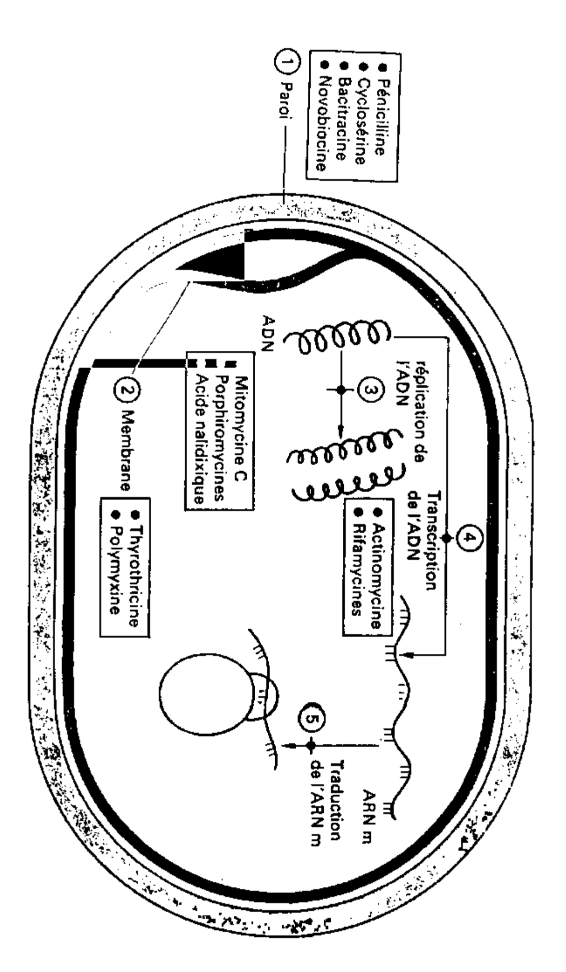
5- خلل فـي ترجمـة المعلومـات الوراثيـة التـي يحملهـا الــ RAN الرسـول، ممـا يشـوه أو يوقف تكوين البروتينات فـي منطقـة الريبوزومـات. وتقـوم بهـذا العمـل المضـادات الحيويـة التابعـة لمركبـات الماكروليد مثل Erythromycin و Oleandomycin وتيتراسيكلين وستربتومايسين Streptomycin (الشكل 2- 4).

وتقـــاس درجـــة تـــأثير المضـــادات الحيويـــة وحساســـية البكتريـــا لهـــا بـــ (C.M.I) Consentration Menimal Inhibitrice وهو أقل تركيزاً مـن المضـاد الحيـوي الـذي يمنع نمو البكتريـا، ويقدر بعـدد ميكروغرامـات المضـاد الحيـوي فـي كـل ملليتـر مـن وسـط الزرع Mg/ml .

كمـا تقـاس قـدرة بعـض المركبـات علـى قتـل البكتريـا بــ Minimal Bactericidal Concentration (MBC) وهـو أقـل تركيـز مـن المركـب الكيميـائي يـؤدي إلـى قتـل البكتريا ويقاس بـ Mg/ ml .

وتمنـع كثيـر مـن دول العـالم استخدام المضـادات الحيويـة فـي مكافحـة الأمـراض البكتريـة علــى النبــات خشــية انتشــار طفــرات وراثيــة ذات مقاومــة عاليــة للمضــادات الحيويــة المستخدمة. والجدير بالذكر أن نسبة الخلايا البكتيريـة التـي تملـك صـفة المقاومـة قـد تصـل إلى $1/10^7$، وأن استخدام المضـادات الحيوية يـؤدي إلـى انتخـاب هـذه الطفـرات والسماح لهـا بـالنمو والتكـاثر، ومـن ثـم الانتشـار، ومـن الملاحـظ أيضـاً أن صـفة المقاومـة تكـون

مرتبطة بمورثات قد تكون محمولة على الصبغي أو على البلاسميد (قطع من DNA ذات وزن جزيئي منخفض ومستقلة عن الكروموزوم) الذي يمتاز بقدرته على العبور من خلية بكتيرية إلى أخرى تابعة للنوع أو للجنس نفسه مما يزود هذه البكتريا بصفات وراثية جديدة كالمقاومة للمضادات الحيوية.



الشكل 2- 4: مواقع تأثير المضادات الحيوية في البكتريا. 1- الجدار الحلوي. 2 - غشاء سيتوبلاسمي. 3 - تضاعف الـ DNA. 4 - نسخ سلاسل RNA . 5- ترجمة ARN الرسول.

الفصل الخامس

تصنيف البكتريا الممرضة للنبات

Classification of Phytopathogenic Bacteria

مـر تصـنيف البكتريـا منـذ اكتشـاف Antony van leewenhoock للمجهـر حتـى عصرنا هذا بمراحل عديدة، حيث اعتمد فـي البدايـة علـى شـكل الخليـة البكتيريـة، وطريقة تـوزع الأهـداف Flagella عليهـا، ثـم علـى صـفاتها الفيزيولوجيـة، وحـديثا تعـد الصـفات الوراثية أساس التصنيف الحديث. وقد قام العلماء بناء علـى المعلومـات المتـوافرة، بتجميـع البكتريا المتماثلة ووضعها في مجموعات تصنيفية.

تنتمي البكتريا إلى بدائيات النوى Procaryotes التي تضم بالإضـافة إلـى البكتريـا أحيـاء دقيقة أخرى كالأشنيات الخضراء المزرقة (cynobacteria) والريكتسـيا والميكوبلاسـما والفيتوبلاسما والسبيروبلاسما وكائنات دقيقة شبيهة بالبكتريا (الشكل 2- 5)

Macro-organisms	**Eukarya or eukaryotes**	Animals, man, plants (including algae and certain fungi)	
Micro-organisms	**Eukarya or eukaryotes**	Animals (protozoa, **Fig. 10**) Plants (algae, **Fig. 10**) Most fungi	
	Prokarya or prokaryotes	**Bacteria**	Cyanobacteria ('blue-green algae')[1)]
			True bacteria or eubacteria
			Rickettsias, FXLB, FPLB and chlamidias[2)]
			Mycoplasmas, phytoplasmas and spiroplasmas[3)]
		Archaea[4)] (bacteria-like micro-organisms living in extreme environments)	

الشكل 2- 5: الموقع التصنيفي للبكتريا بين الكائنات الحية الأخرى

تنقسم البكتريا إلى 21 شعبة Phyla ، و تنتمي البكتريا الممرضة للنبات إلى ثلاث منها وهي : Actinobacteria و Firmicutesm و Proteobacteria

وتحتوي الشعبة على صفوف Classes، والصف على رتب Orders، والرتبة على عائلات Families، والعائلة على أجناس Gennes ، والجنس على أنواع Species . و يعد النوع وحدة التصنيف الأساسية للبكتريا، ويتكون من مجموعة العزلات البكتيرية Isolates التي تبدي فيما بينها مواصفات مشتركة، وتختلف اختلافاً ملحوظاً عن عزلات أخرى. ويوجد لكل نوع عزلة نموذجية واحدة Type isolat تمثل النوع وتحمل اسمه، وتعتبر المثال الدائم عنده يمكن الرجوع إليها عند الحاجة، ويتألف النوع من العزلة النموذجية وكل العزلات التي تملك قدراً كافياً من التشابه في صفاتها مع صفات العزلة النموذجية.

يمكن للنوع أن يقسم إلى تحت أنواع نتيجة وجود اختلاف في بعض صفات البكتريا Phenotypic، ويعد تحت النوع أصغر وحدة تصنيفية تدخل في تسمية البكتريا، فمثلاً يقسم النوع *Erwinia carotovora* إلى تحت نوعين:

Erwinia carotovera subsp *carotovora*

Erwinia carotovera subsp. *atroseptica*

كما يمكن تمييز مجموعات أو طرز أصغر من النوع تحدد مجموعة عزلات تتميز بصفات محددة تجاه التفاعلات المناعية أو الحساسية للبكتريوفاج وغيرها. ليس لهذه الطرز دور في تسمية البكتريا، ولكن يمكن أن يكون لها فوائد عملية كبيرة، والطرز التي تميز مجموعات البكتريا هي :

الصـــــفة التي تميز الطـــــرز البكتيرية	الاسم القديم للطرز	الاسم الحديث للطرز
مجموعات بكتيرية تتميز بحسب صفاتها البيوكيميائية والفيزيولوجية	Biotype	Biovar
مجموعات بكتيرية تتميز بحسب صفاتها المولدة للأضداد	Serotype	Serovar
مجموعات بكتيرية تتميز بحسب قدرتها على إصابة المضيفات النباتية	Pathotype	Pathovar
مجموعـــات بكتيريـــة تتميـــز بحســـب حساسيتها للبكتريوفاج	Phagotype	Phagovar
مجموعات بكتيرية تتميز بحسب صفاتها الشكلية	Morphotype	Morphovar

ويعتمد التصنيف في الوقت الحاضر، بالإضافة إلى الصفات الشكلية والفسيولوجية، على دراسة العوامل الوراثية للبكتريا كتهجين RNA/DNA، أو DNA/DNA ، وتحديد تتابع الأسس الآزوتية في المورثات Sequencing، والنسبة المئوية للغوانين والسيتوزين (C + G %)، وانتقال المورثات من بكتريا إلى أخرى، ونتيجة لتوفر كم كبير من المعلومات يصعب تمييز الاختلاف بين البكتريا، فقد استخدم الحاسوب في التصنيف بالاعتماد على برامج إحصائية تمكن من تحديد البكتريا المتشابهة وتمييزها من بكتريا أخرى، لذلك فقد استخدم ما يسمى بالتصنيف الرقمي لهذه الغاية.

التصنيف الرقمي Numerical taxonomy

بدأ استخدام التصنيف الرقمي في نهاية الخمسينيات، فترة تطور الحاسوب, حيث هدف هذا التصنيف إلى إيجاد طريقة لتصنيف البكتريا بالاعتماد على أعداد كبيرة من صفات

البكتريا الفيزيولوجية، التي لا يمكن تحليل نتائجها بسهولة بالطرائق الإحصائية العادية. فجاء التصنيف الرقمي بهدف تجميع العزلات البكتيرية بشكل متجانس تمثل النوع، ومن ثم ترتب الأنواع في أجناس. وتتلخص مراحل التصنيف الرقمي بالخطوات التالية:

1- جمع المعلومات حول أعداد كافية من العزلات البكتيرية (50 -200) عزلة تابعة لأنواع وأجناس مختلفة. يدخل ضمن البكتريا المدروسة العزلات النموذجية وعزلات جمعت من مناطق مختلفة من العالم. وتشمل المعلومات على صفات البكتريا الشكلية والفيزيولوجية والبيوكيميائية (50 – 200) صفة أو أكثر.

2- ترميز المعلومات لإدخالها في الحاسوب، حيث تعطى كل صفة من الصفات قيماً متساوية.

3- حساب نسبة التشابه : وتتم بحساب عدد الصفات المتماثلة والمختلفة عند العزلتين (أ و ب) كما في العلاقة :

$$\text{نسبة التشابه } S = \frac{ns}{ns + nd}$$

ns : عدد الصفات الموجبة المتماثلة عند العزلتين

nd : عدد الصفات المتباينة عند العزلتين

كما تستخدم العلاقة التالية في حساب نسبة التشابه

$$\text{نسبة التشابه } \quad S = \frac{a + b}{a + b + c + d}$$

حيث تمثل : a – الصفات الموجبة عند العزلتين

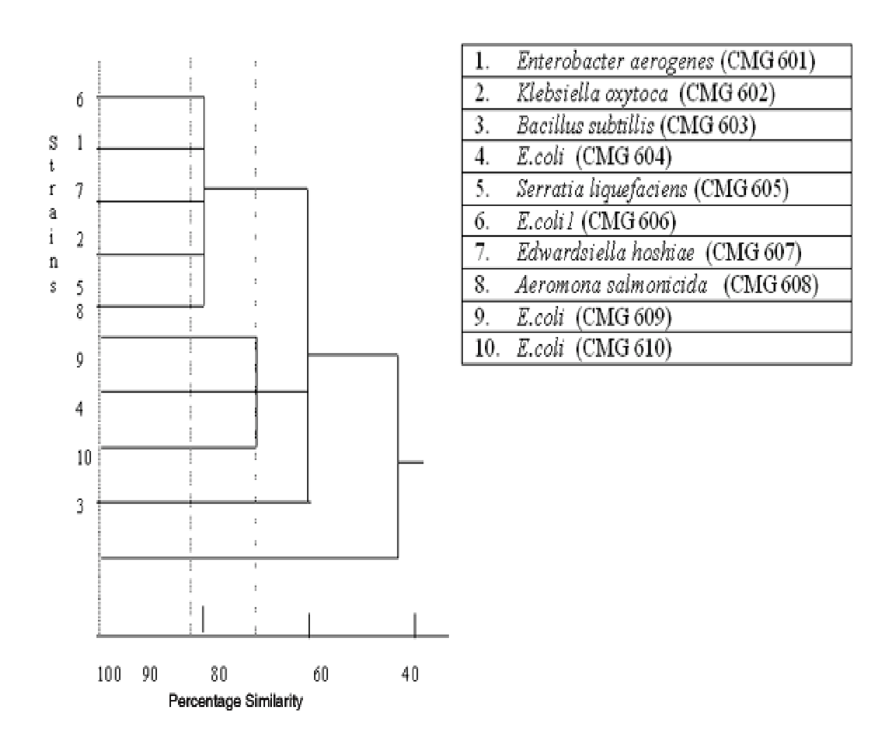
b – عدد الصفات الموجبة عند العزلة (آ) والسالبة عند العزلة (ب) .

C - عدد الصفات الموجبة عند العزلة (ب) والسالبة عند العزلة (آ)

d - عدد الصفات السالبة عند العزلتين

4- إجراء التحليل لنتائج حساب نسبة التشابه، حيث يتم ترتيبها وإظهارها على شكل شجرة، بحيث تمثل الأفرع النهائية العزلات التي تجمعها نسبة تشابه عالية. وهكذا تلتقي المجموعات البكتيرية التي تجمعها نسبة تشابه متماثلة حتى تتحد جميعها فتشكل ما يشبه جذع الشجرة لذلك تسمى بشجرة القرابة (الشكل 2-6).

5- تحديد الصفات المميزة لكل مجموعة بكتيرية : بعد تحديد المجموعات الرئيسة للبكتريا المدروسة ، يمكن بالرجوع إلى نتائج الاختبارات أن تحدد الصفات الأساسية التي تميز كل مجموعة على حده. وبالاعتماد على هذه الصفات نستطيع تشخيص أنواع البكتريا المختلفة .



الشكل 2- 6: يبين تجمع الأنواع البكتيرية بحسب نسبة التشابه فيما بينها

دور الأحماض النووية في تصنيف البكتريا

تستخدم الأحماض النووية في تصنيف البكتريا لما تملكه من ميزات وراثية لها فوائد تصنيفية :

1- الحصول على مفهوم موحد للأنواع البكتيرية

2- يكون التصنيف الذي يعتمد على العوامل الوراثية أكثر ثباتاً .

3- إن تشخيص البكتريا الصحيح يتم بعد أن تكون قد صنفت على أساس صفاتها الوراثية.

وتستخدم صفات الأحماض النووية التالية في تصنيف البكتريا:

1- قياس النسبة المئوية للغوانين والسيتوزين (G-C%) :

يتكون الـ DNA عند البكتريا من العديد من النيكليوتيدات Nucleotides، ويتكون كل منها من وحدة البورين، والتي تتألف من الأدنين (Adenine(A والغوانين Guanine (G)، ووحدة البيريميدين التي يدخل في تركيبها الثيمين (Thymine (T والسيتوزين Cytosine (C)، كما يدخل في تركيب النيكليوتيد سكر خماسي منقوص الأوكسجين Desoxyribose ومجموعة فوسفات .

وبما أن الـ DNA يتالف من سلسلتين متقابلتين وملتفتين حول بعضهما بشكل حلزوني، فإن كل A يقابله في السلسلة الثانية T ، كما يقابل الـ G السيتوزين C. وبحساب عدد أزواج G - C ضمن 100 زوج قاعدي في DNA المضاعف نحصل على G-C%. وتتراوح هذه النسبة عند البكتريا ما بين 25 – 75 % . وتملك البكتريا التابعة لنوع واحد نسبة مئوية ثابتة، بينما تختلف هذه النسبة عند الأنواع والأجناس المختلفة. وإن نوعين من البكتريا لهما نفس التتابع النيكليوتيدي ينتميان بالتأكيد لنفس النوع. وعلى العكس فإن نوعين من البكتريا لهما نسبة G-C% نفسها ليس بالضرورة أن يكونا قريبين تصنيفياً ، لأن تسلسل النيكليوتيدات قد لايكون متماثلاً عند النوعين.

2- تهجين DNA / DNA (Hybridization of DNA / DNA) : تتميز السلاسل المزدوجة للـ DNA بانفصال بعضها عن بعض عند تعريضها لدرجات حرارة عالية أو pH مرتفع. كما يتم إعادة التحام هاتين السلسلتين لتشكل خيطاً مضاعفاً واحداً عند إعادة تعريضها وبشكل تدريجي لدرجات حرارة منخفضة، أو إلى تركيز مرتفع من الملوحة.

ويمكن تهجين سلاسل الـ DNA المنفصلة التابعة لنوع بكتيري معين مع سلاسل DNA تابعة لنوع بكتيري آخر لتشكل خيطاً هجيناً ثنائي السلسلة. ويمكن حساب النسبة المئوية للتهجين بالمقارنة مع إعادة التحام سلسلتي الـ DNA للبكتريا الشاهد. وكلما ارتفعت نسبة التهجين كان تشابه البكتريا وقرابة بعضها ببعض أكبر. ويمكن اعتبار أن نسبة التهجين 70 % فما فوق بين عزلتين بكتيريتين دليلاً على انتمائهما إلى نفس النوع .

3- تهجين DNA / RNA :

تستخدم إحدى سلسلتي الـ DNA في اصطناع الـ RNA عند تكاثر البكتريا، لذلك فإن الـ RNA يكون متمماً لهذه السلسلة من الـ DNA . وبما أن الـ RNA يتكون من سلسلة واحدة فقط، فليس من الممكن أن يتحد مع جزيئات تابعة لـ RNA آخر. وقد يتم هذا الاتحاد مع سلاسل DNA. ويمكن بذلك قياس النسبة المئوية لتهجين RNA أحد البكتريا مع DNA بكتريا أخرى. وتفيد هذه الطريقة في تحديد مدى القرابة بين البكتريا البعيدة عن بعضها تصنيفياً أي بين الأجناس. بينما يستخدم تهجين DNA / DNA في تمييز البكتريا القريبة من بعضها أو المتشابهة في صفاتها الفيسيولوجية بين الأنواع مثلاً .

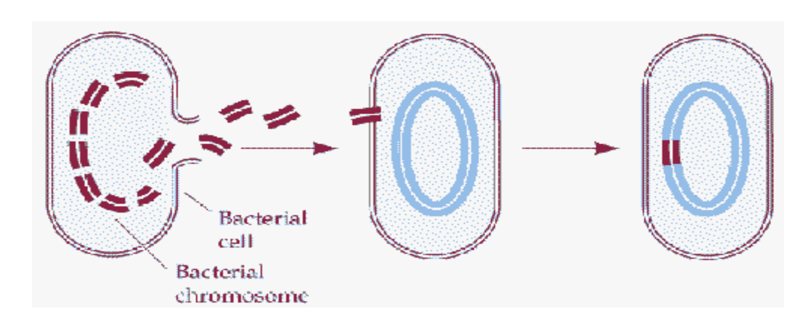
انتقال العوامل الوراثية:

يعود استخدام العوامل الوراثية المحمولة على الكروموزوم البكتيري، وإمكانية انتقالها من بكتريا إلى أخرى في التصنيف إلى فترة الخمسينيات. وخلال العشرين سنة الماضية

أصبح واضحاً أن الشيفرات الوراثية ليست محمولة على كروموزوم الخلية البكتيرية فقط، وإنما يمكن أن تحمل على أجزاء أخرى مثل البلاسميد Plasmid والترانسبوزون Transposon والبكتريوفاج.

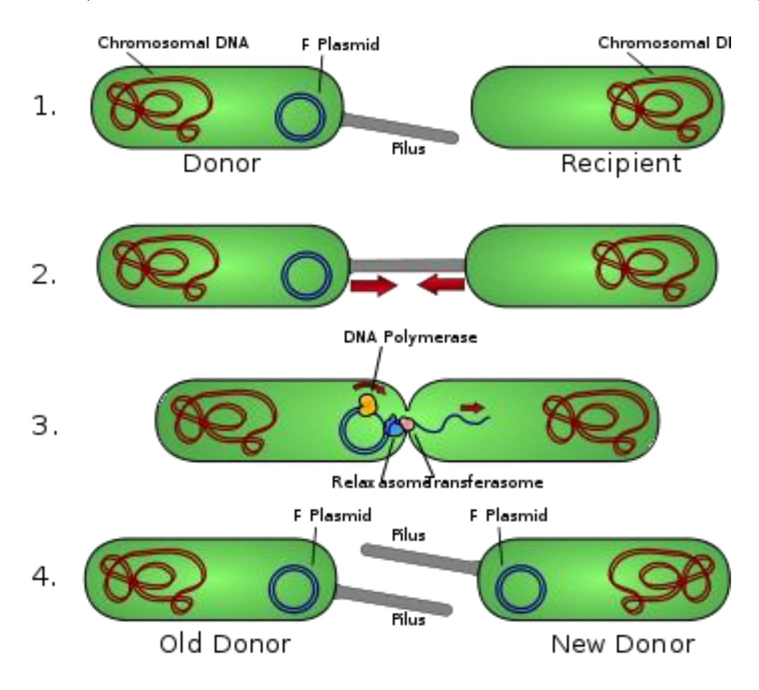
1- انتقال المورثات المحمولة على الكروموزوم

أ- العبور الحر Transformation : وهي انتقال قطع من الـ DNA من الوسط المحيط بالبكتريا إلى الخلية البكتيرية، وهي عملية معقدة لأنها تتطلب تفعيل أكثر من 40 مورثة، ولكي تستطيع البكتريا استقبال DNA غريب واندماجه في كروموزوم البكتريا المستقبلة، لا بد أن تكون مهيأة لذلك عن طريق الدخول بعمليات فسيولوجية عديدة. وتتهيأ البكتريا لعملية التحور بزيادة كثافتها في نهاية مرحلة النمو الأعظمي أو الثبات من منحني النمو، ويجب أن يكون مصدر DNA المنقول من بكتريا أخرى تتبع نفس النوع وبالتالي يكون مماثلاً لما هو موجود في البكتريا المستقبلة. ويتواجد الـ DNA الحر في الوسط نتيجة موت بعض الخلايا البكتيرية وتحللها، مما يحرر DNA هذه الخلايا، ومن ثم ترتبط بجدار الخلية البكتيرية المهيأة للتحور في مواقع استقبال خاصة Receptor، ثم تجتاز الجدار الخلوي والغشاء السيتوبلازمي وترتبط سلسلة واحدة من قطعة الـ DNA بالكروموزوم، والقطعة الثانية تتحلل بواسطة إنزيم Nucleases (الشكل 2- 7).



الشكل 2- 7: التحور البكتيري بالعبور الحر للـ DNA (Transformation)

ب- الاقتـران Conjugation : انتقـال مـواد وراثيـة (بلاسـميد) بـين الخلايـا البكتيريـة بالاحتكاك المباشر أو عبر ما يشبه جسور الاتصـال (Pilli)، وينظـر إلـى ذلك علـى أنـه نـوع مـن التكـاثر الجنسـي بـين الخلايـا البكتيريـة، حيـث تحتـوي البكتريـا المعطيـة علـى بلاسـميد يسـمى F-plasmid، يحتـوي علـى مورثـات الخصـوبة Fertility factor ، والخلية البكتيرية التي تحتوي على هذا البلاسميد يرمز لها بـ F^+ ، والخلية التي تفتقر إليـه يرمز لهـا بــ F^- ، وهي الخلية المستقبلة، وتعمل جسور الاتصـال (Pilli) علـى اتصـال الخليتين البكتيريتين المعطية والمستقبلة، ويتم بعدها قطع إحدى سلسلتي البلاسميد F ، ثـم انتقال السلسلة إلى الخلية المستقبلة، حيث تستكمل كل خلية منهما السلسلة المتممة، وبذلك يصبح في كل خلية بلاسميد F ، وتشكل الخلية المستقبلة جسور اتصـال (الشكل 2-8).



الشكل 2-8: مخطط التزاوج أو الاقتران البكتيري (Conjugation): 1- الخلية المعطية تحتوي على بلاسميد F و جسر الانتقال الوراثي، بينما الخلية المستقبلة تفتقر إليهما. 2- جسر الانتقال الوراثي يتصل بالخلية المستقبلة ويعمل على شد الخليتين باتجاه بعضـهما. 3- قطع إحدى سلسلتي البلاسميد F، ثم بدء انتقال السلسلة إلى الخلية المستقبلة. 4- كلا الخليتين تتمم السلسلة المقابلة من البلاسميد، وتشكل جسور انتقال فتصبح كلا الخليتين معطية.

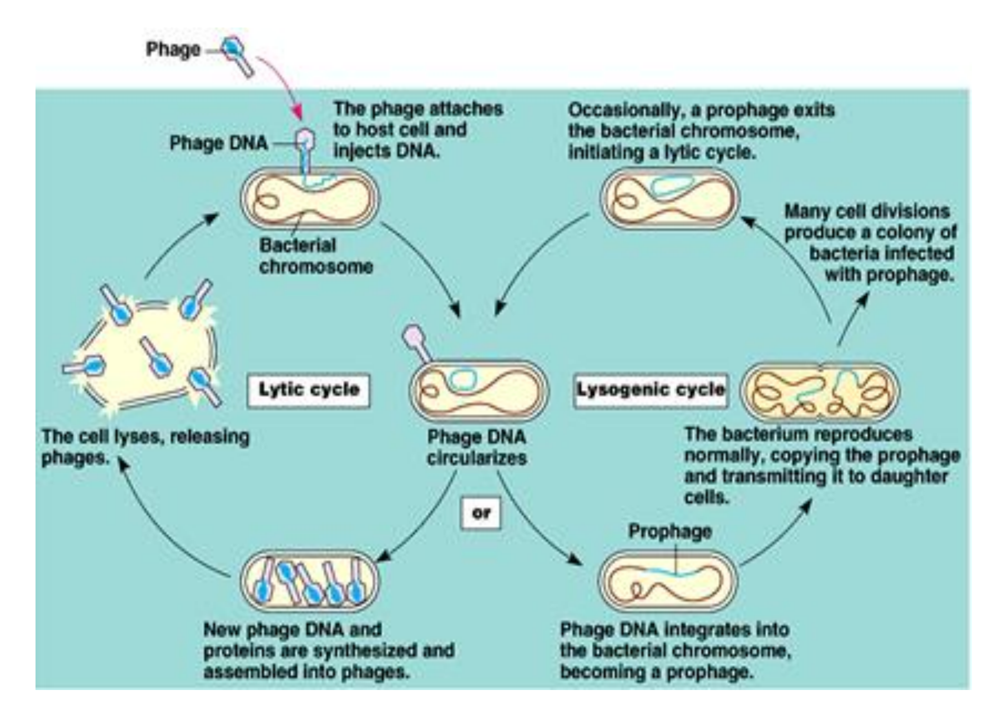
يندمج بلاسميد F عند بعض الخلايا بكروموزوم الخلية، ثم ينفصل عنه حاملاً معه بعض مورثاتها، وتسمى هذه الخلايا بـ Hfr، وعند انتقال هذا البلاسميد إلى خلية مستقبلة ينقل إليها مورثات من خلية أخرى.

ج- الانتقال الوراثي عن طريق البكتريوفاج Transduction: وهي عملية نقل مورثات من خلية بكتيرية إلى أخرى بواسطة الفيروسات، أو نقل DNA غريب إلى الخلية بواسطة ناقل هو الفيروس، ويتم ذلك من خلال دورتي تضاعف الفيروس :

الدورة التحللية Lytic cycle: يدعى الفيروس فيها بالفيروس الشرس virulent virus، حيث يحقن الفيروس حمضه النووي داخل الخلية البكتيرية الذي يوجهها إلى نسخ حمضه النووي، ومن ثم تكوين أعداد كبيرة من الفيروس، مما يؤدي إلى انفجار الخلية البكتيرية وخروج الفيروسات منها. وأثناء تضاعف الفيروس قد يؤدي وبشكل عشوائي إلى حمل جزء من DNA الخلية البكتيرية ضمن معطفه البروتيني Capsid بدلاً من حمضه النووي، وعند التصاق البكتريوفاج بخلية بكتيرية أخرى، يحقن هذا الحمض النووي فيها ويصبح جزءاً من مورثاتها، ويدعى هذا النقل الوراثي بالنقل الفيروسي العام Generalized transduction.

الدورة Lysogenic cycle: وتتميز باندماج الحمض النووي الفيروسي بكروموزوم الخلية البكتيرية ويبقى ملازماً له عند تضاعف البكتريا وينتقل إلى البكتريا الجديدة، ويدعى هذا الحمض النووي بـ Prophage . وعند تعرض البكتريا لظروف معينة كالأشعة فوق البنفسجية أو عوامل كيميائية، فإنه يمكن أن يتحرر البروفاج من كروموزوم البكتريا ويتضاعف فيها ويدخل في الدورة الانحلالية. ويدعى البكتريوفاج الذي يتضاعف مستخدما الطريقتين Lytic و Lysogenic بالفاج المعتدل Temperate phage . وعند انفصال البروفاج عن كروموزوم البكتريا فإنه يحمل معه جزءاً من مورثاتها، وينقله إلى خلية بكتيرية أخرى عند إصابتها، ولا يتم هذا النقل إلا

لمورثات قريبة من موقع البروفاج على الكروموزوم. ويدعى هذا النقل الوراثي بالنقل المتخصص Specialized transduction (الشكل 2- 9).



الشكل 2-9: دورتا تضاعف البكتريوفاج Lytic cycle و Lysogenic cycle

انتقال المورثات غير الكروموزومية: تستطيع المورثات المحمولة على البلاسميد الانتقال من بكتريا إلى أخرى بطرائق الانتقال السابقة، فانتقال البلاسميد قد يترافق مع عبور الكروموزوم أو ينتقل بشكل مستقل عنه. كما يستطيع الفاج أن يحمل معه جزءاً من الكروموزوم أو البلاسميد. ويمكن في حالة التزاوج أن يعبر كلٌّ من الكروموزوم والبلاسميد في الوقت نفسه.

هذا وتلعب العوامل الوراثية غير الكروموزومية دوراً مهماً في تصنيف البكتريا. فهي مسؤولة عن كثير من صفات البكتريا، التي تعد في كثير من الأحيان وسيلة من الوسائل التصنيفية (كالمقاومة للمضادات الحيوية والمعادن الثقيلة).

تحديد المجموعات البكتيرية الممرضة للنبات:

تنتمي البكتريا الممرضة للنبات إلى ثلاث شعب Phyla، من أصل 21 شعبة تنتمي إليها البكتريا، وهي : Firmicutes، و Actinobacteria، و Proteobacteria.

تنتمي البكتريا الممرضة للنبات إلى مجموعتين أساسيتين بحسب قابليتها للصبغ بصبغة غرام:

أ- البكتريا موجبة غرام:

صنفت كل البكتريا الممرضة للنبات والموجبة لصبغة غرام في الجنس *Corynebacterium*، وذلك في الطبعة الثامنة لدليل تصنيف البكتريا عام 1974. إلا أن الدراسات البيوكيميائية والشكلية بينت أن أياً من هذه البكتريا الممرضة للنبات لا تنتمي إلى الجنس *Crynebacterium*، وإنما تنتمي إلى شعبة Actinobacteria التي تتضمن الأجناس التالية: *Curtobacterium*، *Rhodococcus*، *Arthrobacter*، *Clavibacter*، *Streptomyces*.

ونذكر هنا بعض الأنواع البكتيرية التي كانت تصنف تحت الجنس *Corynebacterium* ثم انتقل تصنيفها إلى أحد الأجناس الأربعة السابقة.

أسم المرض	التسمية الجديدة	التسمية القديمة
تبقع وذبول الشوندر	*Curtobacterium flocumfaciens* pv. *betae*.	*Corynbacterium betae*
أورام ورقية على النبات	*Rhodococcus fasciens*	*Corynbacterium fasciens*
اللفحة البكتيرية على *Ilex opaca*	*Arthrobacter ilicis*	*Corynbacterium ilicis*
تقرح وذبول البندوره	*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*	*Corynbacterium michigane*
العفن الحلقي على البطاطا	*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*	*Corynbacterium sepedonicum*

وتنتمـي البكتريـا التابعـة لشـعبة Firmicutes إلـى البكتريـا الموجبـة لصـبغة غـرام، التـي تضم الأجناس *Bacillus*، *Spiroplasma* ، *Candidatus*، *Phytoplasma* .

ب- البكتريا سالبة غرام:

تنتمي البكتريا السالبة لصبغة غرام إلى شعبة Proteobacteria ، التي تنقسم إلـى خمسـة صفوف رئيسة هي: Alpha، Beta، Gamma ، Delta ، Epsilon .

تنتمي البكتريا الممرضة للنبات إلى ثلاثة منها :

Alphaproteobacteria: ويضـم *Agrobacterium*، *Sphingomonas*، *Candidatus* *Liberibacter* .

Betaproteobacteria : ويضـم *Acidovorax*، *Burkholderia*، *Ralstonia*، *Xylophilus*

Gammaproteobacteria : ويضم *Erwinia*، *Pseudomonas*، *Xanthomonas*، *Xylella*

ا- الجنس *Pseudomonas* :

تقسـم البكتريـا الممرضـة للنبـات والتابعـة للجـنس *Pseudomonas* إلـى مجمـوعتين أساسيتين، بحسب قدرتها على إفراز صبغات (فـي وسط الزرع King B) تعطـي لونـاً أخضر مصفراً متوهجاً إذا ما عرضت إلى مصدر للأشعة فوق البنفسجية. ويطلـق علـى هذه الصفة اسم الوميض Fluorescence .

أ- بكتر يا *Pseudonomas* الوميضية **Pseudonomas Fluorescent :**

قسم LELLIOTT عام 1966 بكتريا *Pseudomonas* الوميضية والممرضة للنبات إلى خمس مجموعات نتيجة استخدامه خمسة اختبارات أساسية اختصرت بكلمة LOPAT (الجدول 2) حيث:

L- تعني إنتاج سكر اللوفان Levan .

O- الكشف عن إنزيم أوكسيداز Oxidase .

P- تحلل البكتين نتيجة إفراز البكتريا لإنزيمات Pectinase.

A- تخمر الأرجنين Argenine .

T- فرط الحساسية على التبغ Tobacco hypersensitivity .

الجدول 2- 2: تعريف بعض أنواع البكتريا *Pseudomonas* الوميضية باستخدام اختبارات LOPAT حسب (Lelliott، 1966)

LOPAT group	Levan formation	Oxidase reaction	Potato rot capability	Arginine dihydrolase	Tobacco hypersensitivity	Species
Ia	+	-	-	-	+	*P. syringae*
Ib	-	-	-	-	+	*P. syringae* pv. *savanastoi*; *P. delphini*
II	-/+	-	+	-	+	*P. viridiflava*
III	-	+	-	-	+	*P. cichorii*
IVa	+	+	+	+	-	*P. marginalis*
IVb	-	+	+	+	-	*P. fluorescens*
Va	-	+	-	+	-	*P. tolaasii*; saprophytic pseudomonads
Vb	+	+	-	+	-	*P. fluorescens*; saprophytic pseudomonads

المجموعة الأولى:

تضم حالياً جميع الطرز الممرضه التابعة للنوع *Pseudomonas syringae* ويصل عددها إلى 41 طرازاً ممرضاً Pathovars نذكر منها:

البكتريا المسببة لمرض تبقع وتقرح الليلك *Pseudomonas syringae* pv.*syringae*

البكتريا المسببة للتبقع البكتيري على أوراق البندورة *P. syringae* pv. *tomato*

البكتريا المسببة للفحة الهالية على الفاصولياء *P. syringae* pv. *phaseolicola*

المجموعة الثانية:

تحتوي فقط البكتريا *Pseudomonas veriditlana* التي تسبب تحلل وتعفن أنسجة العديد من النباتات.

المجموعة الثالثة:

تمثلها فقط البكتريا *Pseudomonas cichorii* التي تسبب تماوت أعناق وأنصال أوراق نباتات الخس وغيرها من النباتات المشابهة لها. وهي توجد مترافقة مع أنواع بكتيرية أخرى على سطوح الكثير من النباتات، كما توجد في التربة.

المجموعة الرابعة:

وتضم الأنواع التالية:

Pseudomonas marginalis pv. *marginalis* المسبب لتبقع حواف أوراق الخس.

Pseudomonas marginalis pv. *pastinaceae* المسبب لتحلل جذور الجزر الأبيض

Pseudomonas marginalis pv. alfalfa المسبب لتلون جذور الفصة.

المجموعة الخامسة:

وتضم البكتريا التالية:

Pseudomonas tolasii المسببة لمرض اللطخة البكتيرية على الفطر الزراعي.

P. aeruginosa المسببة للعديد من الأمراض على نباتات مختلفة مثل التبغ والجوز والبصل، كما لها أهمية في المجال الطبي لكونها تتواجد على الجروح.

P. fluorescens، و*P . pulida* بكتريا تتواجد في التربة حول جذور النباتات، كما تتواجد على الأجزاء الهوائية منها. ويمكن تمييز خمسة طرز بيوكيميائية من البكتريا الأولى وطرازين من الثانية. وتتمتع بعض سلالات هذه البكتريا بقدرة كبيرة على منافسة العديد من مسببات أمراض النبات، كما تفرز مواد في الوسط الذي تنمو فيه تحلل كثيراً من العناصر المعدنية وتجعلها قابلة للامتصاص من قبل النبات.

ب- بكتريا *Pseudomonas* غير الوميضية Pseudomonas non fluorescent

تتميز هذه البكتريا بعدم قدرتها على إفراز صبغات تعطي اللون الأخضر المصفر المتوهج عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية. وينتمي لهذه المجموعة أكثر من 15 نوعاً بكتيرياً ممرضاً للنبات نذكر منها:

البكتريا المسببة لمرض التقرح البكتيري على اللوز *Pseudomonas amygdale*

البكتريا المسببة لذبول القرنفل *P. caryophylli*

البكتريا المسببة للتماوت النقري على البندورة *P. corrugate*

البكتريا المسببة لتبقع أوراق الغليول *P. gladioly*

الذبول البكتيري على نباتات العائلة الباذنجانية *P. solanacearum*

2- الجنس *Xanthononas* :

تسـبب معظـم البكتريـا التابعـة للجـنس *Xanthomonas* أمراضـاً للنبـات، أو أنهـا تتواجد على سطح النبات مع بكتريا أخرى ممرضة. وتصنف هذه البكتريا في ستة أنواع:

- النـوع *Xanthomonas campestris :* ويضـم 125 طـرازاً بكتيريـاً ممرضـاً Pathovar (pv)، يسـبب كـل منهـا مرضـاً علـى عائـل معـين أو عـدة عوائـل محـددة. ويصعب تمييز هذه الطرز مخبرياً بالاختبارات البيوكيميائية، وتتميز فقط بأعراضها على مضيفات محددة، ونذكر من هذه الطرز:

البكتريا المسببة لاسوداد عروق أوراق الصليبيات *X. campestris* pv. ***c****ampestris*

بكتريا تقرح الحمضيات *X. campestris* pv. *citri*

اللفحة البكتيرية على القطن *X. campestris* pv. *malvacearum*

التخطط البكتيري على النجيليات *X. campestris* pv. *translucens*

- النوع *Xanthomonas allbilineans* المسبب للفحة أوراق قصب السكر
- النوع *Xanthomonas ampelina* المسبب لمرض بكتريوز الكرمـة
- النوع *Xanthomonas fragaria* المسبب لتبقع أوراق الفريز
- النوع *Xanthomonas populi* المسبب للتقرح البكتيري على الحور
- النوع *Xanthomonas axanopodis* المسبب لتصمغ بعض الأعشاب

3- الجنس *Agrobacterium*

تسبب البكتريا التابعة لهذا الجنس زيـادة فـي انقسـام خلايـا النبـات، حيـث تشـكل أورامـاً أو جذوراً شعرية. كما يعيش بعضها حياة رمية في التربة. وينتمي لهذا الجنس أربعة أنواع:

- النـوع *Agrobacterium tumefaciens* الـذي يسـبب مـرض التـدرن التـاجي علـى الأشجار المثمرة.

- النـوع *Agrobacterium rhizogenes* الـذي يسـبب مـرض الجـذر الشـعري علـى التفاح.

- النوع *A. radiobacter* بكتريا رمية يمكن الاستفادة من بعض سلالاتها فـي المكافحـة الحيوية.

- النوع *Agrobacterium rubi* الذي يسبب أوراماً على توت السياج.

4- الجنس *Erwinia*

تسـبب معظـم البكتريـا التابعـة للجـنس *Erwinia* أمراضـاً مختلفـة للنبـات. كمـا يتواجـد بعضها على سطوح النباتات أو في التربة، كما يمكن عزل بعضها من الحشرات. ويمكن توزيـع البكتريـا التابعـة لهذا الجنس فـي ثـلاث مجموعـات. وهـي لاتعد تقسيمات تصـنيفية وإنما قد يكون لها فوائد عملية.

أ- مجموعة Amylovora : وتضم البكتريا التي تحدث على النبات بقعـاً تماوتيـة وذبـولاً، وهي لا تفرز إنزيمـات تحلل البكتين، ولا صـبغات صـفراء اللـون، ويتبـع هذه المجموعـة سبعة أنواع أهمها:

البكتريا المسببة للفحة النارية على التفاحيات *Erwinia amylovora*

البكتريا المسببة لمرض الذبول الوعائي على الصفصاف *Erwinia salicis*

البكتريا المسببة لمرض ذبول القرعيات *Erwinia tracheiphila*

ب- مجموعة Carotovora : وتتميز البكتريا التابعة لهذه المجموعة بقدرتها علـى إفراز إنزيمات تحلل البكتين، وهي تسبب أمراض العفن الطري. ويتبع هذه المجموعة:

بكتريا التعفن الطري على الخضراوات *E. carotovora* subsp . *carotovora*

بكتريا مرض الساق الأسود على البطاطا *E. carotovora* subsp. *atroseptica*

جـ - مجموعة Herbicola: تنتج بكتريا هذه المجموعة صبغات صفراء غير منحلة بالماء، كما تسبب بعض الأمراض الثانوية على النبات، وقد تتواجد على سطح النبات دون أن تحدث أعراضاً مرضية. نذكر من هذه المجموعة: *Erwinia stewartii* التي تسبب الذبول البكتيري على الرز، و *Erwinia herbicola* pv. *herbicola* وهي بكتريا رمية تتواجد على سطح النبات .

الفصل السادس

الأمراض البكتيرية التي تصيب الأشجار المثمرة

مرض سل الزيتون Olive knot disease

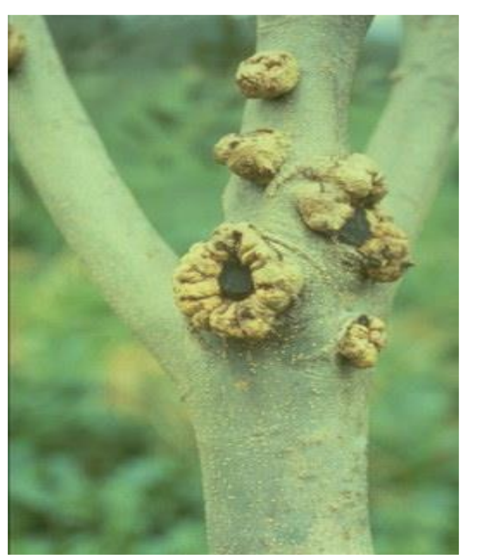
الأعراض:

تبدو أعراض سل الزيتون على شكل أورام أو ثآليل تظهر على جميع أجزاء النبات. فهي تلاحظ بشكل أساسي على الأفرع، ونادراً ما تظهر على الأوراق أو الجذور(الشكل 2-10). وتختلف الأورام في حجومها، فهي تبدأ صغيرة ثم تكبر تدريجياً لتصبح بحجم ثمرة الجوز، حيث تجف عندئذ وتتخشب. تتكون الثآليل من الخارج من قلف غير منتظم، وتحتوي من الداخل على تجاويف صغيرة تمتلئ عادة بالبكتريا.

يمكن لأورام سل الزيتون أن تكون منفصلة عن بعضها بعضاً، كما يمكن أن تتصل لتشكل منطقة متورمة كبيرة على الفرع المصاب، وتشاهد هذه الظاهرة غالباً في السنوات التي يكون فيها الربيع بارداً. هذا ويمكن أن نميز نوعين من الأورام:

ا - أورام أولية: وهي تتشكل في مكان دخول البكتريا إلى أنسجة النبات عن طريق الجروح.

2- أورام ثانوية (Metastase): وهي تظهر في أعلى أو أسفل الأورام الأولية. وتتشكل نتيجة انتقال البكتريا من الأورام الأولية إلى أجزاء أخرى من النبات عبر الأوعية الناقلة.

الشكل 2- 10: أعراض الإصابة بمرض سل الزيتون على الأفرع وجذوع الأشجار

ويمر تشكل أورام سل الزيتون بالمراحل التالية:

1 - تحلل الخلايا النباتية التي تلامس البكتريا الداخلة إلى النبات. فتتشكل بذلك فجوات صغيرة في النسيج النباتي تمتلئ بعد ذلك بالبكتريا.

2- تضخم الخلايا النباتية (Hypertrophy) المحيطة بالفجوات المتشكلة.

3 - انقسام الخلايا المتضخمة (Hyperplasia) ابتداء من الخلايا القريبة من منطقة بدء الإصابة وانتهاء بالمناطق الخارجية. وتكون الخلايا المتشكلة حديثاً عديدة النوى، كما تحتوي على بروتوبلازم كثيف ومركز.

4 - حدوث خلل في وظيفة الكامبيوم يؤدي إلى تكوين برانشميم غير طبيعي، وإلى تشوه الخلايا الخشبية التي لا تستطيع نقل كميات كافية من الماء، وهذا ما يفسر سقوط الأوراق وجفاف الأفرع عندما تكون الإصابة شديدة، فتسبب بذلك نقصاً في الإنتاج قد يصل إلى 20 %. كما لوحظ أن الثمار المقطوفة من أشجار شديدة الإصابة، تكون لها رائحة غير

مرغوبة. كما قد تظهر على الثمار بقع صغيرة تتشقق وتتعفن في ظروف من الحرارة المرتفعة والرطوبة العالية.

إن المرحلتين الثانية والثالثة من تطور المرض، تتطلبان تدخلاً لواحد أو أكثر من الهرمونات مثل حمض الاندول الخلي Indol acetic acid (I .A . A)، والسيتوكينين اللذين يحرضان الخلايا على الانقسام.

البكتريا المسببة للمرض:

ينتج سل الزيتون عن البكتريا *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* (*Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*) ، وهي بكتريا عصوية أبعادها 1-3.3 X 3 - 8 ميكرون، سالبة غرام، هوائية، لا تشكل كبسولة أو أبواغ Spores، وتتحرك بوساطة أهداب يتراوح عددها بين 1- 7 . تراوح درجة الحرارة المثلى للنمو بين 23- 26 مْ.

تنتج هذه البكتريا حمض الاندول الخلي (I.A.A) في النبات ووسط الزرع بتحويلها التريبتوفان Tryptophane إلى اندول اسيتاميد Indolacetamide، ومن ثم يتحول هذا الأخير إلى حمض الإندول الخلي (I. A. A) إذ يتوسط هذا التفاعل إنزيمان هما: Tryptophane monooxygenase و Indolacetamide hydrolase على التوالي.

وبائيات المرض Epidemiology

تعد الثآليل على أفرع الزيتون أهم مصدر من مصادر العدوى لاحتوائها من الداخل على تجاويف مليئة بالبكتريا التي تخرج على سطحها الخارجي بشكل قطرات صغيرة كريمية اللون إذا ما توافر غشاء مائي عليها نتيجة تشكل قطرات الندى أو هطول الأمطار. ويكفي وجود الماء على سطح هذه الأورام لمدة 10 دقائق فقط حتى تخرج البكتريا من

داخل الثآليل إلى سطحها الخارجي. كما نجد أن بكتريا سل الزيتون تتواجد أيضاً على سطح الأوراق دون أن تحدث عليها أعراضاً مرضية. وقد يصل عدد هذه البكتريا إلى 10 خلايا بكتيرية لكل سم^2 من الورقة، وذلك خلال شهري نيسان وتشرين الأول. ويعد هذا الطور من البكتريا مصدراً مهماً للعدوى.

تنتشر البكتريا من المناطق المصابة إلى المناطق السليمة بوسائل مختلفة كالأمطار المترافقة بالرياح، وكذلك عن طريق أدوات التقليم والتطعيم. ويساهم الإنسان بنقل المرض عن طريق نقله لغراس مصابة أو ملوثة من منطقة إلى أخرى أو من بلد إلى آخر. وقد يكون لبعض الحشرات دور في نقل المرض كذبابة ثمار الزيتون وغيرها.

تحدث الإصابة بدخول البكتريا إلى الأنسجة النباتية عبر الجروح الناتجة عن سقوط الأوراق(الندب الورقية)، إذ إن معظم الأورام المتشكلة في كل عام تحدث في أماكن سقوط الأوراق. كما تدخل البكتريا عبر الجروح الناتجة عن التقليم أو التي يحدثها البَرَد أو الصقيع، وكذلك الجروح التي تحدث في أثناء جني المحصول حيث يتم القطاف باستخدام العصي والضرب على الأفرع الذي يحدث الجروح وينقل البكتريا إليها.

القدرة الإمراضية للبكتريا Pathogenicity

لا تصيب هذه البكتريا أشجار الزيتون فقط، بل تهاجم نباتات أخرى كالدفلة حيث تحدث أوراماً صغيرة على الأفرع أو على عروق الأوراق، كما تسبب تشوهات على قممه النامية (الشكل 2- 11).

و تصيب البكتريا أشجار الدردار، فتحدث عليها مرض التقرح البكتيري الذي يشوه الأشجار ويخفض من قيمة أخشابها التسويقية (الشكل 2-11).

كما تهاجم البكتريا نباتات الياسمين والليغستروم *Ligustrum* ونباتات تابعة للجنس *Phillyrea*،فتظهر عليها أورام صغيرة.

وقد تم أيضاً عزل هذه البكتريا من أورام ظهرت على نباتات الآس (الريحان) *Myrtus communis* في سوريا (الشكل 2-11).

وتختلف البكتريا المعزولة من أحد هذه النباتات في إصابتها للمضيفات الأخرى، فقد تصيب البكتريا المعزولة من الزيتون أشجار الدردار، بينما تكون غير ممرضة للدفلة. وتحدث البكتريا المعزولة من الدفلة المرض على كل من الزيتون والدردار، بينما البكتريا المعزولة من الدردار لا تصيب إلا مضيفها الأساسي الدردار. كما تبين أن البكتريا المعزولة من الياسمين والليغستروم ونباتات *Phillyrea* تستطيع إحداث المرض على كل من الزيتون والدردار دون أن تحدث ذلك على الدفلة.

وقد وجد أن بكتريا الدردار لا تنتج حمض الاندول الخلي (I. A. A.) مخبرياً، بينما تنتج البكتريا المعزولة من المضيفات الأخرى هذا الهرمون بكميات متفاوتة. وقد يفسر تشكل التقرحات على الدردار، وعدم تشكل الأورام إلى فشل البكتريا في إنتاج هذه المادة.هذا وقد سميت البكتريا التي تصيب الدفلة بـ *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerri* والبكتريا التي تصيب الدردار بـ *Pseudomonas savastanoi* pv. *fraxini*.

الانتشار الجغرافي للمرض Geographical distribution

ينتشر مرض سل الزيتون بشكل أساسي في بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط حيث تنتشر زراعة هذه الشجرة. كما يوجد هذا المرض في الولايات المتحدة الأمريكية (ولاية كاليفورنيا) وفي المكسيك والأرجنتين وإيران. كما ينتشر على المضيفات الأخرى في كل من إنكلترا وألمانيا والنرويج، وسويسرا ودول الاتحاد السوفيتي سابقاً ودول يوغوسلافيا سابقاً وغيرها.

وينتشر مرض سل الزيتون في سوريا في المناطق الرطبة وشبه الرطبة من الساحل السوري في محافظات طرطوس واللاذقية وحماه وحمص والمناطق الشمالية الغربية من محافظة ادلب، ونادراً ما ينتشر هذا المرض في المناطق الداخلية أو الجنوبية.



الشكل 2- 11 : أعراض الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas savastanoi* 1- أورام على نبات الآس 2- تقرحات على الدردار 3- أورام على أوراق الدفلة.

المكافحة

1- زراعة أصناف مقاومة أو متحملة للمرض.

2 - زراعة غراس سليمة، وهذا يتطلب العناية بالمشاتل ومراقبتها مراقبة شديدة لاستبعاد أي إصابة تظهر بالمشتل، والعناية ببساتين الأمهات وإزالة كل أسباب التلوث بالبكتريا الممرضة، وعدم استخدام طعوم أو عقل مأخوذة من أشجار مصابة، فقد تبدو الطعوم سليمة لكن احتمال تلوثها بالبكتريا يكون كبيراً.

3- عدم استخدام العصي في جني ثمار الزيتون، واستبدالها بطرائق أخرى أقل ضرراً.

4- من المفيد إزالة الأورام من على الأفرع، إلا أن ذلك غير ممكن من الناحية العملية، بالإضافة إلى أنه يؤدي إلى زيادة الجروح وفرص التلوث. ولذلك ينصح بتقليم الأفرع

الميتة التي تحتوي على أعداد كبيرة من الأورام. ويجب تغطية الجروح الناتجة عن التقليم بعجينة بوردو. كما يجب أن يكون التقليم في فترة تكون الرطوبة الجوية فيها أقل ما يمكن وذلك لتقليل فرص العدوى بالبكتريا. ويجب أيضاً تطهير أدوات التقليم بين كل شجرة وأخرى بالكحول.

5- تستخدم المواد الكيميائية للتخفيف من حدة المرض، وقد لا تؤدي إلى الشفاء التام منه وينصح برش الأشجار بمحلول بوردو خلال فترات الخريف والشتاء والربيع.

وقد أظهرت بعض التجارب نتائج جيدة باستخدام مزيج من المضاد الحيوي تتراسيكلين Tetracyclin مع أحد المضادات الحيوية التالية Penicillin أو Novobiocin . إلا أنه يحظر استخدام المضادات الحيوية في كثير من دول العالم خوفاً من انتشار سلالات مقاومة لتراكيز عالية منها تنقل صفة المقاومة إلى بكتريا أخرى.

التدرن التاجي Crown gall

الأعراض:

تظهر أعراض المرض على أنسجة النبات فوق سطح التربة، في المنطقة الفاصلة بين الجذر والساق، كما تظهر على الجذور والأفرع (الشكل 2- 12). تبدأ الإصابة بالظهور على شكل أورام صغيرة كروية لحمية بيضاء اللون، وقد تأخذ أحياناً لون الأنثوسياسين، وبتقدم عمر الأورام، يستمر لونها وتصبح صلبة تتشقق فتسمح بذلك لأحياء دقيقة أخرى بمهاجمة نسيج النبات وإحداث التعفن، مما يسبب تدهور الأشجار وموتها. وقد تظهر عند بعض النباتات المصابة أورام ثانوية ناتجة عن انتقال البكتريا عبر الأوعية الناقلة، أو عبر تشققات تحدث بسبب الصقيع.



الشكل 2- 12: أعراض الإصابة بمرض التدرن التاجي المتسبب عن البكتريا *Agrobacterium tumefaciens*. (1 و 2) أورام في منطقة تاج وجذور غراس اللوزيات. (3 و 4) أورام على الكرمة.

البكتريا المسببة:

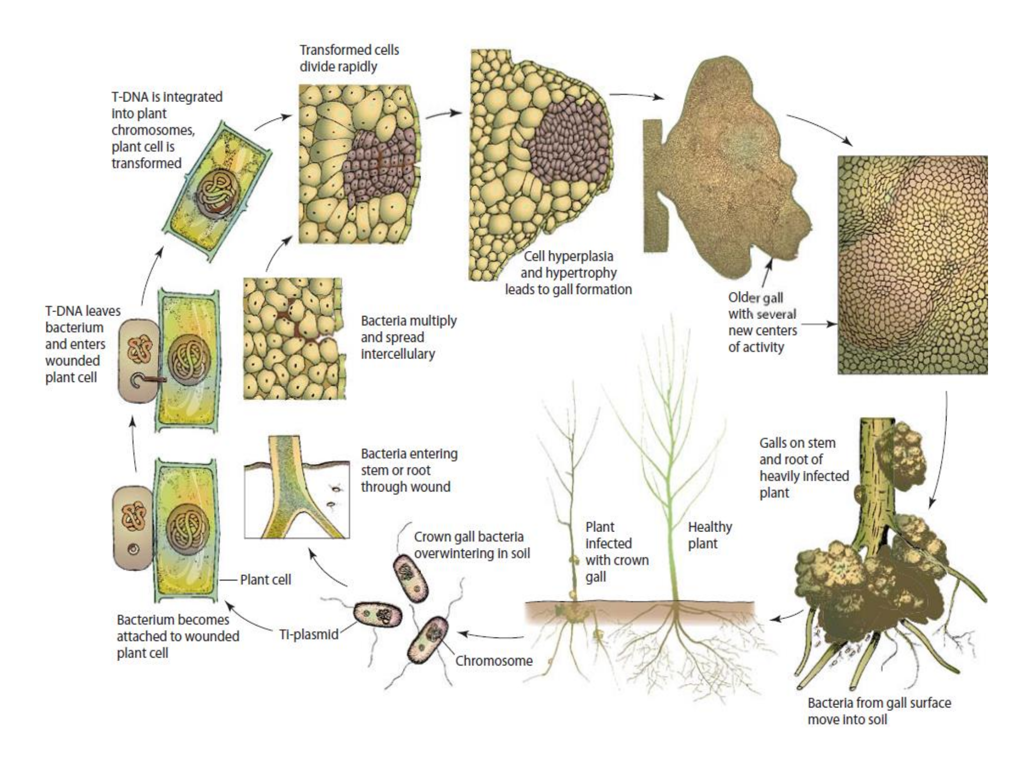
ينتج مرض التدرن التاجي عن البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* وهي بكتريا عصوية تراوح أبعادها بين 0.6 - 1 × 1.5 - 3 ميكرون. توجد بشكل خلايا مفردة أو في أزواج، هوائية التنفس، لا تشكل أبواغ Spores، سالبة لصبغة غرام، متحركة بوساطة أهداب قطبية يتراوح عددها بين 1- 6. تبدو مستعمراتها على الأوساط الاصطناعية بيضاء إلى كريمية اللون، دائرية الشكل محدبة. تفرز البكتريا في وسط الزرع مركبات

سكرية عديدة تعطي المزرعة البكترية المظهر المخاطي اللزج. وتراوح درجة الحرارة الملائمة لنمو البكتريا بين 25- 28مْ. وقد أمكن تمييز ثلاثة طرز Biovar من هذه البكتريا، وذلك تبعاً لقدرة العزلات البكتيرية على استخدام وإنتاج مواد كيميائية مختلفة. كما لوحظ أن لبعض العزلات البكتيرية صفة تخصصية في إصابة عدد قليل من المضيفات النباتية، فالطراز البيوكيميائي الثالث Biovar III يصيب فقط أشجار الكرمة حيث سميت هذه البكتريا بـ *Agrobacterium vitis* .

دورة حياة المرض Disease cycle :

تمضي البكتريا فترة الشتاء في داخل الأورام أو على الطبقة السطحية منها، كما تبقى حية في التربة لعدة سنوات. تعيش أيضاً مترممة في الأوعية الناقلة لجذور كثير من النباتات. تنتشر البكتريا لمسافات طويلة عن طريق البذور والطعوم والغراس الملوثة. أما انتشارها لمسافات قصيرة فيتم بوساطة قطرات المطر ومياه الري وانجراف التربة والحشرات والعمليات الزراعية المختلفة.

وتعد الجروح التي تحدثها الحشرات والنيماتودا أو الناتجة عن الصقيع والبرد وعن العمليات الزراعية والتطعيم، ضرورية لدخول البكتريا أنسجة النبات وحدوث الإصابة. وتنتهي فترة الإصابة بعد مرور 20 ساعة على حدوث الجرح وملامسة البكتريا لخلايا النبات، إذا كانت درجة الحرارة خلال هذه الفترة تساوي 25 م°، ثم يمر المرض بعد ذلك بفترة حضانة تختلف مدتها باختلاف موسم النمو، فهي تراوح بين 8- 15 يوماً إذا تمت الإصابة خلال فترة النشاط الأعظمي للنبات، بينما تصل هذه الفترة إلى عدة شهور إذا حدثت العدوى خلال فترة سكون النبات. وتمر الإصابة بالمراحل التالية (الشكلين 2- 13 و2- 14):



الشكل 2- 13: مخطط دورة حياة مرض التدرن التاجي على الأشجار المثمرة

1- يفرز النبات نتيجة حدوث الجروح عليه مواد فينولية كمركب Acetylsyringone (Acetosyringone).

2- تتحسس البكتريا المركبات الفينولية بواسطة مستقبلات خاصة على الجدار الخلوي.

3- التصاق البكتريا بالخلايا النباتية.

4- تفعيل مورثة الشراسة vir التي تعمل على فصل سلسلة من قطعة T-DNA ، والتي تمثل نحو 20 % من البلاسميد Ti (Tumor Inducing) المتواجد في الخلية البكتيرية.

5- تكوين معقد (بروتين – T-DNA).

6- عبور سلسلة من (T-DNA) (Tumor Inducing)

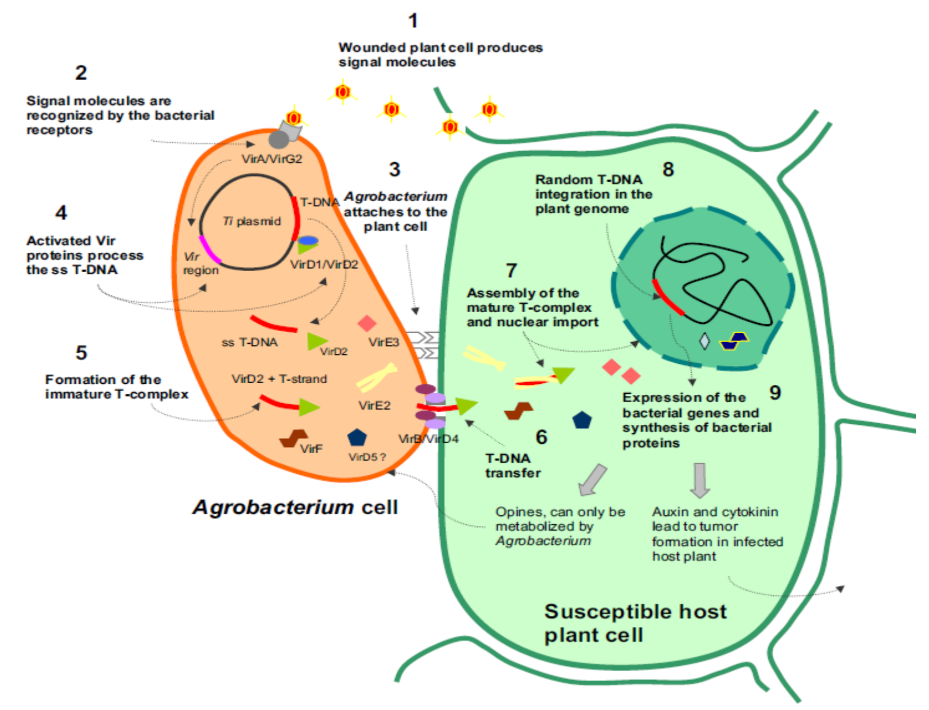
7- اتحاد T-DNA مع كروموزوم خلية النبات.

8- التعبير عن مورثات T-DNA وذلك عن طريق:

- إنتاج هرمونات مثل حمض الإندول الخلي (IAA) والسيتوكينين.

- الانقسام السريع اللامتناهي للخلية المصابة.

- إفـراز مركبـات الأوبينـات Opines وهـي مركبـات خاصـة لا تنتجهـا إلا الخلايـا السرطانية الناتجة عن الإصابة بهذه البكتريا.



الشكل 2- 14: مخطط يبين مراحل حدوث الإصابة ببكتريا التدرن التاجي

وتختلف بكتريا التدرن التاجي بحسب طبيعة البلاسميد Ti الذي يحرض الخلايا النباتية لإنتـاج نـوع محـدد مـن مركبـات الأوبينـات، وقـد وجـد أن هـذه المركبـات تنتمـي إلـى:

Nopaline ، Agrocinopine A، Octopine، Agropine.

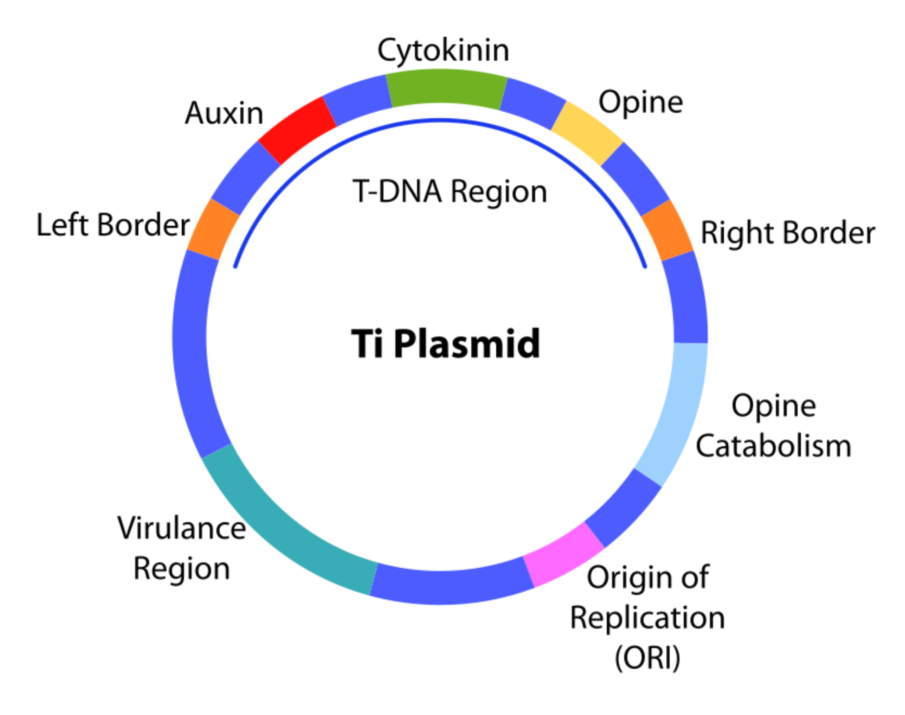
وتستطيع بكتريا التدرن التاجي استهلاك مركبات الأوبين التي تنتجها خلايا النبات المصابة، وهذا ما يسمح لها بالتكاثر وتشجيعها على عمليات التزاوج، مما يساعد على انتقال البلاسميد Ti من بكتريا التدرن التاجي إلى بكتريا أخرى غير ممرضة مثل *A. radiobacter* ، فتصبح قادرة على إحداث المرض أيضاً. ويتكون البلاسمي Ti (الشكل 2- 15) من:

1- منطقة T- DNA: وتتكون من مورثة لإنتاج الأوكسين IAA والستوكينين ومركبات الأوبينات.

2- مورثات لاستقلاب واستخدام مركبات الأوبينات.

3- مورثات انقسام البكتريا وتكاثرها.

4- مورثات الشراسة وآلية حدوث الإصابة على النبات.



الشكل 2- 15: الأجزاء الرئيسة للبلاسميد Ti

المجـال المضـيفي والانتشـار الجغرافـي Host Range and Geographical distribution

ينتشر مرض التدرن التاجي في معظم دول العالم التي تقوم بإكثـار الأشـجار المثمـرة. وهو يصيب أعداداً كبيرة من النباتـات التابعـة لثنائيـات الفلقـة، التـي يقـدر عـددها بــ 643 نوعـاً نباتيـاً تنتمـي إلـى 331 جنسـاً، وتعد أشـجار اللوزيـات والتفاحيـات والكرمـة أكثـر النباتـات إصابة بهذا المرض، فقد تصل نسبة الإصـابة فـي بعض المشـاتل إلـى 80 %، حيـث تبـدو الغـراس صـغيرة ضـعيفة النمـو غيـر قابلـة للزراعـة، وهـذا مـا يسـبب خسـائر ماديـة تقـدر بملايين الليرات سنوياً.

المكافحة Control :

1- استخدام نباتات سليمة تزرع في ترب غير موبوءة.

2- تجنب إحداث الجروح خلال عمليات الغرس أو عمليات الزراعة المختلفة.

3-- تعقيم أدوات التطعيم بالكحول أو بالنار.

4- تعقيم صناديق التنضيد بمركبات قاتلة للبكتريا.

5-- تغطيـة الجـروح الناتجـة عـن التقلـيم بالمركبـات النحاسـية أو المضـادات الحيويـة المسموح استخدامها .

6- إذا كان هنـاك شك فـي تلـوث الغـراس أو العقـل بالبكتريـا، يجـب معاملتهـا علـى درجـه حرارة 30°م لعدة أيام.

7- عدم نقل النباتات المصابة إلى مناطق خالية من المرض.

8- المكافحـة الحيويـة Biological Control : اكتشـف الباحثـان New و Kerr (1972) بـأن السـلالة k84 التابعـة للبكتريـا الرميـة *Agrobacterium radiobacter*

تملك صفة التضاد Antagonism مع بكتريا التدرن التاجي، فتمنعها من النمو على الأوساط الغذائية، وتفقدها القدرة على إحداث المرض على النبات إذا كانت نسبة عدد بكتريا سلالة K84 إلى عدد بكتريا التدرن التاجي تساوي واحدا أو أكثر. وتقوم بكتريا السلالة K84 بمنع نمو بكتريا التدرن التاجي نتيجة إفرازها للمضاد الحيوي Agrocine - 84 الذي يمنع نمو البكتريا الممرضة، وقد وجد أن بكتريا K84 تؤثر فقط ببكتريا سلالة التدرن التاجي التي تحمل بلاسميد يحرض خلايا النبات على إنتاج مركب النوبالين، ويعود ذلك إلى أن هذه السلالة تحرض النبات على إنتاج مركب Agrocinopines كما يحتوي بلاسميد هذه السلالة على مورثة إنزيم Agrocinopine permease الذي يتواجد في أغشية البكتريا، وبالتالي سيتعرف على Agrocine - 84 ويسمح له بالدخول إلى الخلية البكتيرية، فيوقف عملية اصطناع الـ DNA، ولنجاح عملية المكافحة الحيوية يجب الانتباه إلى ما يلي:

1- أن تكون البكتريا K84 حية، لذلك يجب:

أ- التأكد من خلو الماء المستخدم لتحضير المعلق البكتريا من مركبات الفلور أو من ماء جافيل، حيث تحتوي بعض المياه وبشكل طبيعي على هذه المواد.

ب- عدم تعريض المعلق البكتيري إلى درجات حرارة أعلى من 28 مْ.

جـ- عدم تعريض المعلق البكتيري لأشعة الشمس المباشرة.

2- تغمس جذور النباتات بمعلق بكتيري حديث يحتوي على بكتريا k84 بتركيز 10^7-10^8 خلية بكتيرية/ ميليلتر على الأقل، ثم تزرع الغراس مباشرة بعد معاملتها بالمعلق البكتيري.

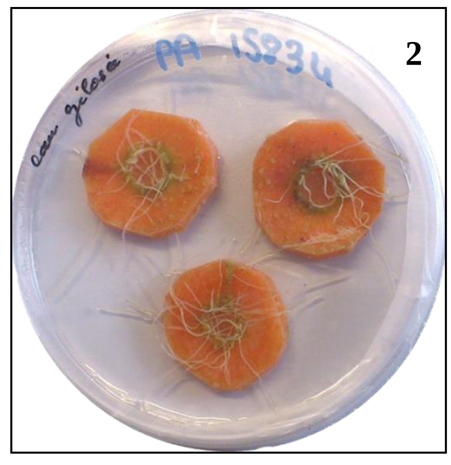
مرض الجذر الشعري Hairy root

ينتج هذا المرض عن إصابة النبات بالبكتريا *Agrobacterium rhizogenes* التي تشبه كثيراً البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* بخواصها الشكلية والفيسيولوجية والآلية التي تصيب بها النبات. وتختلف عنها بكونها تحتوي على بلاسميد Ri (Root inducing) بدلاً من بلاسميد Ti حيث ترسل قطعة من البلاسميد Ri إلى خلية النبات، فتحرضها على الانقسام وتشكيل الجذور وإفراز مركبات الأوبينات.

تصيب البكتريا بعض الأشجار الاقتصادية كالتفاح، إلا أن اكتشاف علاقة بكتريا التربة ببعضها وبخاصة بكتريا *Rhizobium* وبكتريا التدرن التاجي والجذر الشعري وغيرها أصبح تمييز هذه البكتريا عن بعضها يرتبط بطبيعة البلاسميد الذي تحتويه، ولهذا فإن بكتريا الجذر الشعري يمكنها إصابة العديد من المضيفات النباتية كبكتريا التدرن التاجي التي سميت حديثاً *Rhizobium radiobacter*، والبكتريا التي تسبب مرض الجذر الشعري بـ *Rhizobium rhizogenes*. تحدث البكتريا الأخيرة على النبات أعراضاً تبدو على شكل جذور كثيفة رهيفة بدلاً من الجذور الطبيعية، وهي تشبه خصلة الشعر لذلك سمي المرض بالجذر الشعري (الشكل 2- 16).

ويمكن التفريق بين بكتريا التدرن التاجي وتلك التي تسبب الجذر الشعري بإجراء العدوى الاصطناعية على أقراص من جذور الجزر والتحضين عند درجة حرارة مناسبة لمدة 2- 3 أسابيع، فيلاحظ تكون جذور كثيرة تخرج من أقراص الجزر في حال كون البكتريا هي *Agrobacterium rhizogenes*، بينما تشكل أوراماً صغيرة إذا كانت البكتريا من نوع *Agrobacterium tumefaciens*.





الشكل 2- 16: (1) أعراض الجذر الشعري على غراس التفاح. (2) أعراض الجذر الشعري على أقراص من الجزر بعد عدوى اصطناعية عليها بالبكتريا ***Agrobacterium rhizogenes***

مرض اللفحة النارية على الأشجار المثمرة Fire Blight

الأعراض:

تظهر أولى أعراض المرض في فصل الربيع عند تفتح الأزهار، حيث تصاب بعض الأزهار في الباقة الزهرية، ثم تجف هذه الأزهار، ويصبح لونها أسود. يتقدم المرض تدريجياً حتى يصل إلى قاعدة حامل الزهرة، ومن ثم حامل الباقة الزهرية عند اتصالها بالفرع النباتي. تجف بعدها الباقة الزهرية وتنحني نحو الأسفل. كما تظهر على الأجزاء المصابة وفي الظروف الرطبة قطرات صغيرة بيضاء أو كريمية اللون تسيل على أجزاء النبات وتحمل معها أعداداً كبيرة من البكتريا، وتعد هذه الإفرازات مميزة لهذا المرض في الظروف الرطبة (الشكل 2- 17).

يمكن أن تبدأ علائم المرض بالظهور على النموات الحديثة الغضة عند قمة الأشجار، حيث تجف النموات الطرفية وتتلون باللون الأسود، وتنحني نحو الأسفل لتأخذ شكل العكاز (الشكل 2- 17). تظهر على هذه النموات في أماكن تقدم الإصابة إفرازات

بكتيرية خلال الجو الرطب. يستمر تقدم المرض بدءاً من الإصابات الأولية نحو أجزاء أخرى من الشجرة حتى تصل إلى جذع الشجرة، مما يؤدي إلى جفاف الأعضاء النباتية المختلفة كالأزهار والثمار والأوراق المحمولة على الأفرع المصابة نتيجة تحليقها بتقرحات ناتجة عن المرض، فتأخذ اللون البني المحمر، وتبدو الأشجار وكأنها تعرضت للنار، ومن هنا أخذ المرض اسم اللفحة النارية.



الشكل 2- 17: (1) موت الباقات الزهرية وظهور إفرازات بكتيرية عليها. (2) انحناء قمة الطرود المصابة لتأخذ شكل العكاز. (3) تقرحات وإفرازات بكتيرية على الفرع. (4) أعراض عامة للفحة النارية على الأشجار.

تظهر على الأفرع وجذوع الأشجار في نهاية فصل الصيف وبداية الخريف تقرحات واضحة محددة بتشققات صغيرة. كما تظهر تقرحات في وقت متأخر يصعب تمييزها على النبات، وهي تبدو على شكل سائل زيتي يخرج من قلف الأشجار. كما يلاحظ على الأفرع المصابة بعض الثمار والأوراق التي تبقى عالقة عليها.

يمكن أن تتشابه أعراض اللفحة النارية مع أعراض تسببها أمراض أخرى إلا أن ما يميز اللفحة النارية وجود الأعراض التالية:

1- ظهور الإفرازات البكتيرية التي تبدو واضحة في الصباح الباكر وأثناء الجو الرطب.

2- تلون الأنسجة تحت القلف وفي منطقة تقدم المرض بلون بني محمر ذي مظهر رطب.

3- يبدأ المرض بالأزهار والطرود الفتية على محيط الشجرة، ثم يتقدم نحو جذع الشجرة.

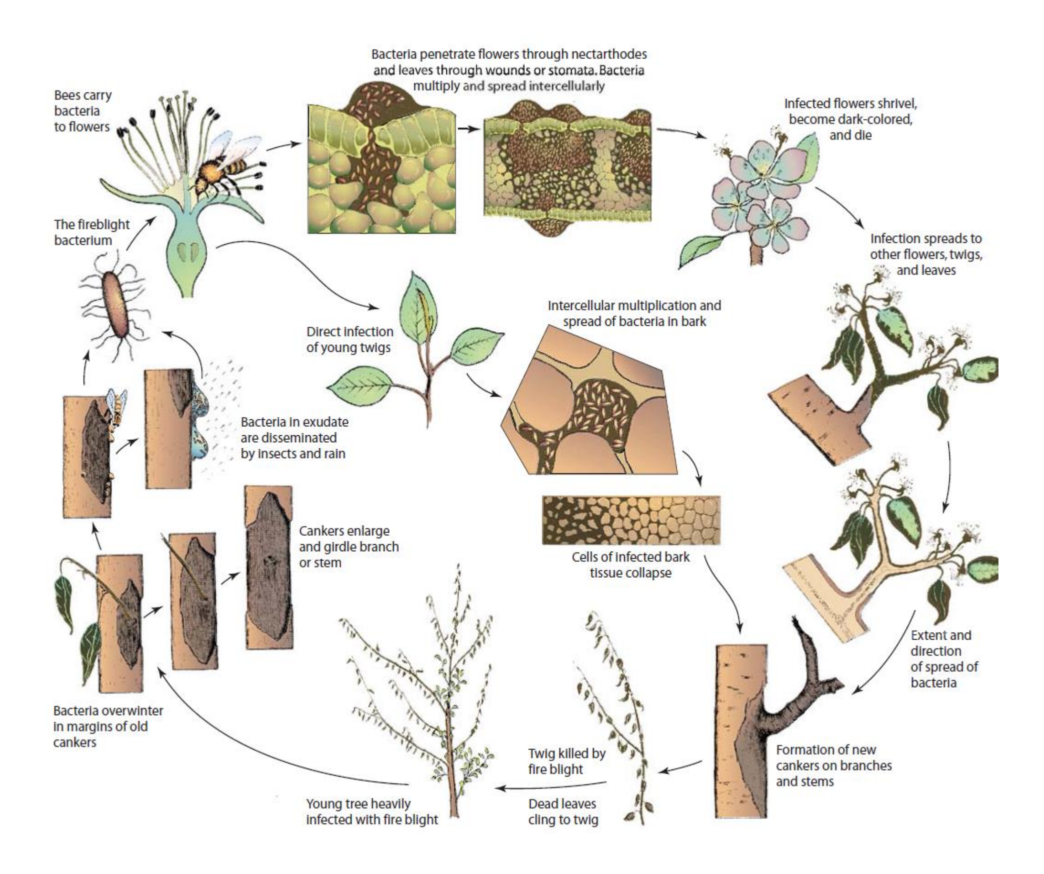
البكتريا المسببة:

يسبب هذا المرض البكتريا *Erwinia amylovora*، وهي بكتريا عصوية تراوح أبعادها بين 0.5 - 1× 1- 3 ميكرون، وغالباً ما تكون مفردة، وهي تتحرك بوساطة أهداب تتوزع على محيط الخلية البكتيرية Peritrichous flagella، لاهوائية اختيارياً، وسالبة غرام.

دورة حياة المرض:

تمضي البكتريا فترة الشتاء داخل التقرحات المتشكلة على الأفرع أو على الأوراق والثمار الميتة التي تبقى عالقة على الأشجار، حيث يخرج من هذه المصادر في فصل الربيع وعند توفر رطوبة عالية إفرازات بكتيرية تحدث العدوى الأولية على الأزهار أو الطرود الفتية التي تنتج إفرازات أخرى تنتشر من جديد بوسائل مختلفة سواء عن طريق الحشرات التي تنجذب بالمواد السكرية التي تحتويها الإفرازات البكتيرية، وهذه الحشرات

تكون عديدة كالنحل والمن والبسلا والنمل، أو عن طريق الأمطار التي تعمل على غسل المفرزات البكتيرية ونقلها إلى أجزاء مختلفة من الشجرة، كما تساهم الأدوات المختلفة المستعملة في العمليات الزراعية بدور مهم في نقل المرض، وللإنسان دور في ذلك أيضاً عن طريق نقله للغراس المصابة أو الحاملة للمرض من منطقة إلى أخرى أو من بلد إلى آخر.



الشكل 2- 18: دورة حياة مرض اللفحة النارية على الإجاص الناتج عن البكتريا *Erwinia amylvora*

تدخل البكتريا أنسجة النبات عن طريق الفتحات الطبيعية كالغدد الرحيقية والثغور، وكذلك الجروح الناتجة عن التقليم ووخز الحشرات وغيرها. وتعد فترة الإزهار الفترة التي يكون فيها النبات في أعلى حساسيته للمرض، وقد تطول فترة الحساسية هذه عند

بعض الأصناف التـي تشكل أزهـاراً ثانويـة، وتكـون النمـوات الفتيـة الغضـة ذات حساسـية عالية للمرض. وإن كل العوامل التي تزيد مـن النمـو الخضـري تـؤدي إلـى زيـادة حساسـية النبات للإصابة، ومن أهم هذه العوامل:

1- زيادة التسميد الآزوتي أو إضافته في وقت متأخر خلال فصل النمو.

2- التقليم غير المنتظم يزيد من النمو الخضري ويزيد من الرطوبة.

هذا وتؤثر العوامل المناخيـة فـي انتشـار المـرض، حيـث يـزداد احتمـال الإصـابة بـالمرض أثناء أيـام الربيـع التـي تكـون درجـة الحـرارة فـي النهـار تتـراوح بـين 21- 24 مْ، أو الأيـام الدافئة المترافقة بهطول الأمطار أو توافر رطوبة جوية عالية.

المجال المضيفي والانتشار الجغرافي

تصـيب البكتريـا *Erwinia amylovora* معظـم الأنـواع التابعـة لتحـت العائلـة التفاحيـة Pomoideae، وبعـض أنـواع العائلـة الورديـة Rosaceae، ومـن المضـيفات الأساسـية لهذا المرض الإجاص والتفاح والسفرجل والزعرور البري.

ينتشر المرض بشكل أساسي في شمال أمريكا وفي نيوزيلانـدا، كمـا ينتشـر فـي الكثيـر مـن الــدول الأوروبيــة كبريطانيــا وفرنســا وإســبانيا وهولنــدا وإيطاليـا وألمانيــا والــدانمارك وبولونيا، كما اكتشف في مصر عام 1961. وقد أعلن عنـه فـي كـل مـن فلسـطين وقبـرص وتركيا ولبنان وكذلك في سورية.

المكافحة :

1- عنـد اكتشـاف المـرض لأول مـرة، يجـب استئصـال الأشـجار المصـابة وحرقهـا وكـذلك الأشجار التي تبدو سليمة والمحيطة بها لاحتمال تلوثها بالبكتريا.

2- تجنـب إدخـال المـرض عـن طريـق تطبيـق قـوانين الحجـر الزراعـي بشـأن اسـتيراد الغراس، ويفضل أن يتم الاستيراد من بلدان خالية من المرض.

3- تطبيق قوانين الحجر الزراعي بشأن استيراد طوائف النحل لإمكان حملها للبكتريا المسببة للمرض.

4- التخلص من بقايا الأشجار الحراجية والتزينية القابلة للإصابة بالمرض.

5- إزالة الأزهار الثانوية التي تظهر على بعض أصناف الإجاص.

6- إجراء التسميد المتوازن وعدم الإفراط في إضافة الأسمدة الآزوتية، كما يجب إجراء التقليم المنتظم للأشجار للتقليل من الطرود الشحمية الغضة الحساسة للمرض.

7- التقليل من الرطوبة الجوية بتجنب الري بالرذاذ والتحول إلى الري بالتنقيط.

8- استخدام أصناف مقاومة أو متحملة للمرض

9- المكافحة الكيميائية باستخدام المركبات النحاسية على عدة مرات:

أ- إجراء مكافحة عند تساقط الأوراق باستخدام محلول بوردو بمعدل 500 غ نحاس للهكتار.

ب- مكافحة ربيعية باستخدام محلول بوردو بمعدل 50- 100 غ نحاس/ هكتار لحماية الأزهار.

ج - يستخدم في فرنسا مركب Flumeqiune بمعدل 300 غ / هكتار، بينما تستخدم الولايات المتحدة الأمريكية المضاد الحيوي Streptomycine خلال فترة الإزهار، ويكرر الرش كل 3- 4 أيام حتى سقوط البتلات الزهرية.

د- يمكن إجراء مكافحة صيفية بالمبيدات السابقة نفسها لحماية الأفرع الحديثة.

يمكن استخدام أنظمة التنبؤ لرصد المرض وتقدير إمكانية حدوثه، وذلك بالاعتماد على درجات الحرارة والرطوبة أو الهطولات المطرية خلال فترة زمنية معينة لتحديد درجة احتمالية حدوث المرض، ومن ثم النصح بإجراء المكافحة في الوقت المناسب. ومن أنظمة التنبؤ المستخدمة في بعض الدول الأوربية نظام Billing.

مرض لفحة أزهار أشجار الإجاص Blossom blight of pear

الأعراض:

تظهر أولى علائم المرض خلال الربيع، حيث تبدو البراعم بنية أو سوداء اللون وجافة. كما تصاب أعناق الأزهار والأزهار، فتجف ويسود لونها لتصبح أشبه بالأعراض الناتجة عن الصقيع. وعلى الثمار تظهر بقع سوداء جافة تحاط بهالة حمراء اللون تؤدي إلى موت الثمار وتساقطها أو بقائها معلقة على الأشجار. كما تظهر على الأوراق بقع سوداء محاطة بهالة حمراء اللون. تتصل البقع بعضها ببعض لتنتقل الإصابة بعدها إلى النموات الحديثة التي يسود لونها وتجف أوراقها، ونادراً ما تصاب الأعصاب، حيث تبدو عليها تقرحات صغيرة طولية الشكل قد تحدث عن مسببات أخرى. وتتجلى الأضرار التي تحدثها البكتريا على أشجار الأجاص بناحيتين:

أ- أضرار مباشرة ناتجة عن موت البراعم الزهرية وجفاف الباقات الزهرية وسقوط الثمار.

ب- أضرار ناتجة عن ضعف الأجزاء الخضرية، وموت النموات الجانبية، وتكوين التقرحات على الأفرع (الشكل 2- 19).

البكتريا المسببة:

تسبب هذا المرض البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* ، وهي بكتريا عصوية الشكل وحيدة الخلية، متحركة بوساطة أهداب قطبية، هوائية التنفس، وسالبة غرام.

تحدث هذه البكتريا أمراضاً كثيرة على عدد كبير من النباتات، فهي تسبب مرض التقرح البكتيري على أشجار اللوزيات والإجاص والتفاح والحمضيات. وتسبب لفحة أوراق

للمحاصـيل النجيليـة والكثيـر مـن الأعشـاب. وتتبـاين البكتريـا المعزولـة مـن المضـيفات المختلفة بقدرتها الإمراضية، فالبكتريا المعزولة من نبات ما تصيب فقط عدداً محدوداً من مضيفات هذه البكتريا، كما تختلف سلالات هذه البكتريا بحساسيتها للبكتريوفاج وقدرتها على إنتاج السموم Toxins .



الشكل 2- 19: أعراض الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* . (1) موت بعض الباقات الزهرية. (2) موت فرع نباتي مع باقات زهرية. (3) ثمار صغير جافة ومحنطة. (4) بقع بنية على الأوراق.

وبائيات المرض Epidemiology :

لا تستطيع البكتريا *P. syringae* pv. *syringae* الدخول إلى أنسجة النبات عن طريق الفتحات الطبيعية، وإنما تدخل عبر الجروح التي تحدث في طبقة القشيرة أو الإبيدروم، حيث تتمكن البكتريا من الوصول إلى الفراغات بين الخلايا، فتتكاثر فيها وتحدث الإصابة. وتدخل البكتريا البراعم خلال فصل الشتاء لتستقر فيها حتى الربيع، عندها تنشط البكتريا وتتكاثر لتهاجم هذه البراعم والأزهار. ولا تحدث الإصابة بمجرد دخول البكتريا إلى أنسجة النبات، وإنما يجب أن يكون العضو النباتي حساساً لهذه البكتريا. ويبدو أن حساسية أشجار الإجاص تكون عالية في نهاية الشتاء لكي تكون البكتريا في وضع يمكنها من مهاجمة البراعم والأزهار في بداية الربيع. وتبدي الثمار حساسية عالية عندما تكون صغيرة، وتتناقص هذه الحساسية بزيادة حجمها لتصبح مقاومة في منتصف حزيران.

تتواجد البكتريا خلال الربيع والصيف على الأوراق والبراعم والثمار دون أن تحدث عليها أعراض مرئية، وقد تصل أعدادها حتى 10^7 خلية بكتيرية على العضو النباتي.

إن التشابه الكبير بين الأعراض الناتجة عن الإصابة بالبكتريا، وتلك التي يحدثها الصقيع الربيعي، يدل على أن هناك علاقة وثيقة بينهما. فانخفاض درجة الحرارة إلى مادون الصفر يسمح بدخول البكتريا إلى أنسجة النبات عبر الجروح الصغيرة Microlesion التي تحدثها البلورات الثلجية المتشكلة في الفراغات بين الخلايا، حيث تتكاثر البكتريا فيها مستفيدة من المواد المغذية المرتشحة من الخلايا المجاورة فتصل لأعداد كافية لظهور أعراض المرض.

كما أدى اكتشاف الدور الذي تلعبه البكتريا *P. syringae* pv. *syringae* ، كمحرض على تجمد الماء عند درجات حرارة قريبة من الصفر (- 1 إلى-2°م)، إلى فهم علاقة البكتريا بحدوث الصقيع، ومن ثم ظهور أعراض المرض. فالأعداد الكبيرة من البكتريا المتواجدة على سطح النبات خلال فصل الربيع، تحرض عند انخفاض درجات الحرارة

(-2مْ) على إيقاف الحالة السائلة للماء الموجود في الفراغات بين الخلايا وتحوله إلى حالة صلبة، فتحدث عندئذ البلورات الثلجية المتكونة جروحاً صغيرة تسمح بدخول البكتريا إلى داخل أنسجة النبات محدثة المرض بعد فترة حضانة مدتها 4- 5 أيام.

وقد وجد أن قدرة البكتريا على تجميد الماء، ترتبط بمورثة تحمل على كروموزوم الخلية البكتيرية يطلق عليها اسم (+ ice) وهي المسؤولة عن إنتاج بروتين خاص يتواجد على الجدار الخلوي للبكتريا يعتقد أن له دوراً أساسياً في تحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة.

المكافحـــــــــــة:

1- إن كل الطرائق المستخدمة في مكافحة الصقيع الربيعي يمكن تطبيقها للحد من أضرار الإصابة بمرض لفحة أزهار الإجاص. وتعتمد جميع الطرائق المستخدمة (التدخين، والري بالرذاذ، وتحريك الهواء) على رفع درجة حرارة الهواء الملامس للنبات.

2- مكافحة البكتريا بهدف الحد من تزايد أعدادها على النبات ويتم ذلك عن طريق:

أ- المكافحة الكيميائية: ويستخدم لذلك المركبات النحاسية بتراكيز كافية.

ب- المكافحة الحيوية: وهي لازالت في طور التجارب المخبرية، وذلك باستخدام البكتريا المنافسة، حيث تستطيع بعض البكتريا منافسة البكتريا الممرضة على المكان أو أنها تفرز مواد تمنعها من النمو والتكاثر. أو باستخدام البكتريوفاج.

3- استخدام بكتريا معدلة وراثياً، حيث تم نقل المورثة (ice -) لها، والتي لا تسبب تجمد الماء، بدلاً من المورثة (+ice) التي تعطي البكتريا صفة تجميد الماء عند درجات حرارة منخفضة.

4 – استخدام الأصناف المقاومة.

مرض تدهور أشجار الإجاص Pear decline

الأعراض:

تظهر أعراض المرض على نمطين، إما أعراض بطيئة أو سريعة، ويؤدي كلاهما إلى موت الأشجار. تبدو أعراض التدهور البطيء على شكل ضعف نمو تدريجي للأشجار يستمر لعدة سنوات، خلال ذلك تنمو بعض الأفرع، إذ تكون الأوراق عليها قليلة وصغيرة الحجم وخضراء شاحبة جلدية الملمس وملتفة قليلاً، ويتحول لونها إلى اللون الأحمر في الخريف، وتسقط قبل موعد سقوطها الطبيعي. تعطي الأشجار في بداية الإصابة أعداداً كبيرة من الأزهار، ولكن في السنوات التالية تقل فيها الأزهار، وتكون الثمار صغيرة الحجم، وخلال ذلك يتراكم النشاء فوق منطقة التحام الطعم، بينما يغيب في أسفلها، كما يلاحظ خطوط بنية اللون عند أسفل اللحاء، وتموت الجذور التي تؤدي لموت الأشجار (الشكل 2- 20).

يؤدي التدهور السريع للأشجار إلى ذبول مفاجئ، وموت للأشجار خلال أسابيع. ويظهر التدهور السريع على الأشجار المطعمة على الأصول الشرقية الحساسة، بينما يظهر التدهور البطيء على الأشجار المطعمة على أصول متحملة للمرض.

في كلتا حالتي التدهور البطيئة والسريعة فإن الحلقات السنوية للحاء أسفل منطقة التحام الطعم تتحلل، واللحاء الجديد الذي يتشكل تكون فيه الأنابيب ضيقة وصغيره بدلاً من أن تكون طبيعية.

المسبب المرضي :

يسبب المرض الفيتوبلاسما *Candidatus phytoplasma pyri*. تنتقل عن طريق البراعم والتطعيم، وكذلك عن طريق حشرة البسيلا .



الشـكل 2- 20 : أعـراض الإصـابة بمـرض تـدهور أشـجار الإجـاص المتسـبب عـن الفيتوبلاسـما *Candidatus phytoplasma pyri*

يصيب المرض كلاً من الإجاص والسفرجل. وينتشر في عدة دول أوروبية وشمال أفريقيا وفي آسيا.

يكافح المرض باستخدام شتول خالية من المرض مطعمة على أصول مثل *Pyrus communis* . ومكافحة حشرة البسيلا غير مجدٍ كثيراً. ويمكن حقن جذوع الأشجار المصابة بالمضاد الحيوي تيتراسيكلين بعد جني الثمار، ويجب تكرار المعالجة كل سنة وإلا فإن المرض يعود مرة أخرى .

مرض تورد التفاح Apple proliferation

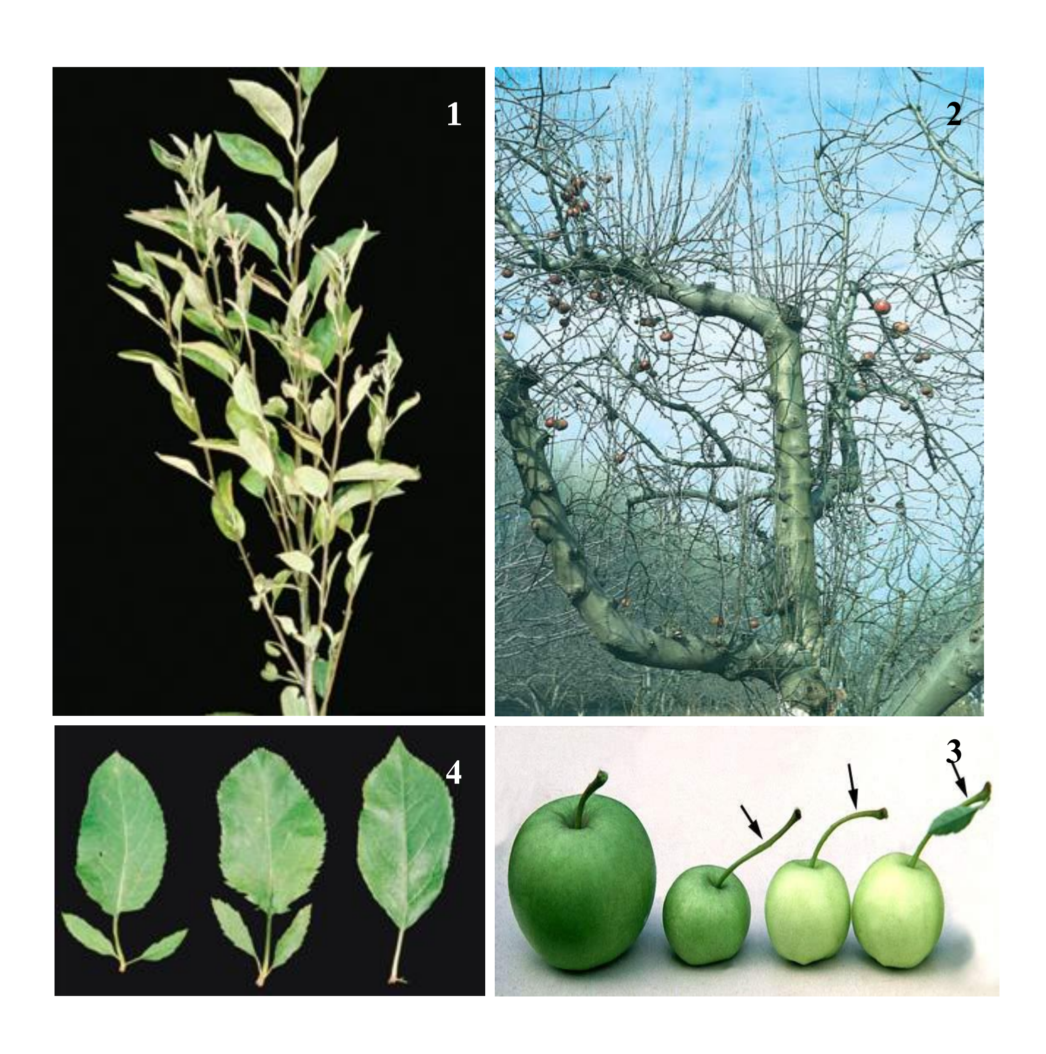
الأعراض:

تظهر أعراض المرض على شكل مكنسة الساحرة نتيجة لقصر السلاميات، كما تلاحظ ظاهرة تورد الأوراق نتيجة لتفتح البراعم النائمة عند قمة الطرود خلال الصيف، حيث تكون الأوراق فيها صغيرة الحجم مع تطور للأذينات الورقية عند قاعدة معلاق الورقة (الشكل 2- 21) . تعطي الأشجار المصابة أزهاراً قليلة بعضها يعطي وريقات صغيرة بدلاً من البتلات phyllody ، وبالنتيجة فإن إعطاء الثمار ينخفض إلى النصف على الأقل، وربما لا تعطي الأشجار ثماراً مطلقاً. وتكون الثمار الناتجة من أشجار مصابة أقل حجماً من الثمار السليمة، وتلونها غير منتظم وذات طعم، وعديمة النكهة، قليلة الحلاوة، ونسبة الحموضة فيها مرتفعة. وتعطي الأشجار المصابة جذوراًً كثيفة لكنها رهيفة وضعيفة مما يسبب تقزم الأشجار .

المسبب المرضي :

ينتج المرض عن الإصابة بالفيتوبلاسما *Candidatus phytoplasma mali* ، وهي تتبع مجموعة البكتريا الرخوة Mollicute التي لا تملك جداراً خلوياً، ولا تنمو على

أوساط الزرع، تتواجد في الأنابيب الغربالية للنبات، وتراوح أبعادها بين 200 إلى 800 نانومتراً.



الشكل 2- 21: أعراض الإصابة بفيتوبلاسما تورد التفاح *Candidatus phytoplasma mali* . (1 و2) أعراض مكنسة الساحرة والتورد. (3) صغر حجم الثمار وشحوب في اللون على اليمين. (4) كبر حجم الأذينات حيث تأخذ شكل الوريقات على اليسار بينما تكون صغيرة عند الورقة السليمة على اليمين.

عوامل انتشار المرض:

تنتقل الفيتوبلاسما المسببة للمرض عن طريق نطاطات الأوراق وحشرة البسيلا بالطريقة المثابره، كما تنتقل عن طريق التطعيم والنباتات المتطفلة كالحامول. تتركز أعداد الفيتوبلاسما في الجذور طوال العام، بينما يقل تركيزها في المجموع الخضري خلال الربيع ويزداد تركيزها في نهاية الصيف وفي الخريف.

المجال المضيفي والانتشار الجغرافي :

يصيب المرض العديد من المضيفات كالكرز والمشمش والخوخ والأضاليا والورد والزنبق وغيرها. وينتشر المرض في شمال إيطاليا وألمانيا واليابان وتشيلي وكولومبيا وسورية وتركيا .

المكافحة:

زراعة أصناف مقاومة، واستخدام أصول سليمة من المرض، ومكافحة الحشرات الناقلة.

مرض التقرح البكتيري على أشجار اللوزيات

Bacterial canker of Stone fruits

الأعراض :

يتميز هذا المرض بوجود طورين منفصلين خلال دورة حياة البكتريا. طور التقرحات التي تتشكل على الأفرع أثناء الشتاء. وطور تبقعات الأوراق التي تبدأ بالظهور خلال الربيع. تكون هذه التبقعات في البداية صغيرة بنية اللون، قطرها نحو 2 مم، تتصل البقع بعضها ببعض لتشكل أنسجة ميتة غير منتظمة الشكل بخاصة على حواف الأوراق أو

عند قممها، ويمكن أن تحاط البقع بهالة صفراء، كما قد تسقط البقع خلال الصيف لتترك مكانها ثقوباً فارغة.

تختلف أعراض المرض عند إصابة الأفرع باختلاف العائل المصاب، فعلى أشجار الكرز تبدأ التقرحات بالتشكل خلال الخريف أو الشتاء نتيجة إصابة الندب الورقية، أو ندب الثمار، وكذلك مواقع تقرحات الأغصان بالبكتريا الممرضة. تتطور الإصابة في فصل الربيع لتشكل مساحات رقيقة من اللحاء ذات لون أصفر محمر يخرج الصمغ على سطحها الخارجي. تكبر التقرحات تدريجياً حتى تحيط بالفرع النباتي، وهذا ما يسبب موت الأجزاء العليا من العضو النباتي، محدثاً ما يسمى بالموت التراجعي. كما تفشل البراعم في التفتح وتذبل الأوراق بعد خروجها من البراعم المتفتحة.

أما أشجار الخوخ فإن حساسيتها للمرض تكون مرتفعة خلال الـ 6 سنوات الأولى، حيث تحدث الإصابة عن طريق الأفرع، وليس عن طريق الندب الورقية. وتكون الإفرازات الصمغية عليها أقل ظهوراً من أشجار الكرز. تتطور التقرحات على الأفرع بشكل طولي، وإذا أحاطت التقرحات بالأفرع، فإنها تؤدي إلى موت الأغصان، وهذا يحدث عادة خلال شهر تموز.

البكتريا المسببة:

يسبب مرض التقرح البكتيري على اللوزيات *Pseudomonas syringae* pv. *morsprunorum* ، وتتشابه الأعراض التي تحدثها هذه البكتريا مع الأعراض التي تسببها البكتريا *P. syringae* pv. *syringae* ، ويصعب التمييز بين نوعي البكتريا من خلال الأعراض التي يحدثها كل منهما، لذلك لابد من عزل المسبب، ومن ثم إجراء بعض الاختبارات لتحديد المسبب الرئيسي (الجدول 2- 3).



الشكل 2- 20: أعراض الإصابة بمرض تقرح أشجار اللوزيات البكتيري. (1) موت البراعم الزهرية. (2) تلون النسيج المصاب باللون البني. (3) بقع بنية وهالة صفراء حولها وتثقب على الأوراق. (4) موت الأفرع .

الجدول 2-3: الاختبارات التفريقية بين البكتريا *P. syringae* pv. *morsprunorum* والبكتريا *P. syringae* pv. *syringae*.

P. syringae pv. syringae	*P. syringae pv. morsprunorum*	الصفة المدروسة
أصفر	أبيض	لون المستعمرة البكتيرية على وسط المرق المغذي+ 5% سكروز
+	-	اختبار الإسكولين والأربوتين
+	-	حلمهة الجيلاتين
-	-+	إفراز صبغات بنية على وسط K.B
-	-+	الوميض على وسط K.B
-	+	استخدام سكر التارترات L^+ tartrat
+	-	استخدام سكر اللاكتات D- lactate

هذا وتبدي العزلات البكتيرية من *P. syringae* pv. *morsprunorum* تخصصاً عالياً تجاه إصابتها لمضيفاتها المختلفة، فالبكتريا المعزولة من كل من الكرز والخوخ لا تعطي نتائج ايجابية عند إجراء العدوى الاصطناعية المتصالبة. كما تتميز البكتريا المعزولة من الكرز بحساسيتها لبعض البكتريوفاج، وقدرتها على إحداث الإصابة عن طريق الجروح والندب الورقية، بينما البكتريا المعزولة من الخوخ تكون غير حساسة للبكتريوفاج، وتحدث الإصابة عن طريق الجروح فقط.

وبائيات المرض Epidemiology:

تزداد فرصة الإصابة بالتقرح البكتيري على اللوزيات، أثناء الطقس الرطب الماطر المترافق برياح قوية، مما يسمح للبكتريا المتواجدة على سطح النبات Epiphytic بدخول النسيج النباتي عبر فتحات الثغور محدثة أعراض التبقع على الأوراق. أما في الخريف فإن الأمطار تغسل البكتريا المتواجدة على سطح النبات لتدخل النسيج النباتي عبر الندب الورقية الحديثة التشكل، ثم تدخل الأوعية الناقلة بوساطة التوتر السلبي Negative tension. تمضي البكتريا فصل الشتاء مترممة على أنسجة النبات أو في داخل البراعم، وتدخل النبات عبر الندب الورقية أو الجروح التي تحدثها الحيوانات أو الآلات، محدثة بداية التقرحات التي تتطور أثناء الربيع مسببة موت مساحات واسعة من قلف الأشجار. يتوقف تقدم هذه التقرحات في فترة الإزهار الذي يترافق بتناقص أعداد البكتريا داخلها، وقد يصبح وجودها معدوماً حيث يبدأ بعدها طور إصابة الأوراق.

الانتشار الجغرافي والأهمية الأقتصادية:

تصيب البكتريا *P. syringae* pv. *morsprunorum* ، بالإضافة لأشجار الكرز والخوخ، والجارنك والمشمش والدراق وأشجار أخرى تتبع الجنس *Prunus* ، مسببة لها أضراراً يصعب تقويمها كموت الأشجار والأفرع وتشوه الثمار .

ينتشر المرض في الكثير من دول العالم التي تزرع أشجار اللوزيات كجنوب أفريقيا واستراليا وأوروبا ودول الاتحاد السوفييتي سابقاً وبلدان حوض البحر الأبيض المتوسط.

المكافحـــــــة :

إن قلة المبيدات التي تؤثر في البكتريا، وعدم سماح الكثير من الدول باستخدام المضادات الحيوية، لا يبقى إلا المركبات النحاسية التي لها تأثير في نمو وتطور البكتريا. وأهم

المـواد المسـتخدمة: محلـول بـوردو (1- 5 - 100) الـذي يسـتخدم خـلال الربيـع لتقليـل أعراض تبقع الأوراق، ويضاف إلى هذا المزيج زيت القطن لتخفيف سمية المزيج على النبات.

ولتقليـل إصـابة النـدب الورقيـة، يتطلـب تخفيـف الحمولـة البكتيريـة علـى الأوراق قبـل تساقطها، ويتم ذلك بـإجراء ثلاث رشـات متتاليـة، المدة الفاصـلة بين الرشـة والأخـرى 3 أسابيع. يستخدم لهذا الغرض المزيج (4- 6- 100 أو 6- 9- 100) ويضـاف زيـت القطن لتجنب سقوط الأوراق قبل وقتها الطبيعي. ويمكن استخدام المزيج (10- 15- 100) بعد سقوط الأوراق.

التبقع البكتيري على اللوزيات

Bacterial spot of stone fruit

المسبب المرضي وأعراض المرض:

يتسبب المرض عن البكتريا *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* التـي تحـدث علـى الأوراق بقعاً مائيـة دائريـة أو غيـر منتظمـة، يـراوح قطرهـا بـين 1- 5 مـم، يتحـول لونهـا إلـى اللـون القرمـزي أو البنـي، كمـا تحـاط بهالـة أو تشـقق سـرعان مـا تنفصـل عـن النسيج السليم من الأوراق لتترك مكانها ثقوباً صـغيرة، وقد تتصـل عدة بقـع أو ثقـوب مـع بعضها، وتتحول الورقة شديدة الإصابة إلـى اللـون الأصـفر وتسقط علـى الأرض (الشكل 2-21).

تظهر على الثمار بقع صغيرة دائرية بنية اللون غائرة قليلاً، وتحـاط بهالـة مائيـة المظهر، وقد تتشقق الأنسجة القريبة منها، كما قد تخرج إفرازات صمغية بعد هطول الأمطـار علـى الأفرع، وتظهر في الربيع تقرحات عند قمـة الأفرع أو حـول البـراعم، تكـون فـي البدايـة

مائية المظهر، ثم يصبح لونها داكناً، وقد تمتد عدة سنتيمترات على الفرع النباتي، وقد تحيط بالفرع مما يؤدي إلى موت الفرع النباتي.



الشكل 2- 21 : أعراض الإصابة بمرض التبقع البكتيري على اللوزيات المتسبب عن البكتريا *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*

انتشار المرض:

تمضي البكتريا فترة الشتاء في براعم الأشجار أو التقرحات وندب الأوراق، وفي نهاية الشتاء وبداية الربيع عند انتفاخ البراعم تتكاثر البكتريا وتنتشر من أماكن التشتية إلى الفتحات الطبيعية والجروح. وتشجع الرطوبة العالية على إصابة الأوراق والثمار، كما تساعد الريح القوية على حدوث الجروح وبالتالي على حدوث الإصابة.

المكافحة:

تعد مكافحة المرض صعبة بعد حدوث الإصابة، لذلك يتم الاعتماد على الطرائق الوقائية كاستخدام الأصناف المقاومة، و تقليل الرطوبة قدر المستطاع، وحماية الأشجار من الرياح القوية، ويمكن إجراء مكافحة كيميائية باستخدام المركبات النحاسية قبل تفتح البراعم، كما يمكن رش المجموع الخضري، ولكن ذلك قد يؤدي إلى احتراق الأوراق، كما يمكن استخدام المضادات الحيوية كالتتراسيكلين.

اللفحة البكتيرية على الجوز Walnut bacterial blight

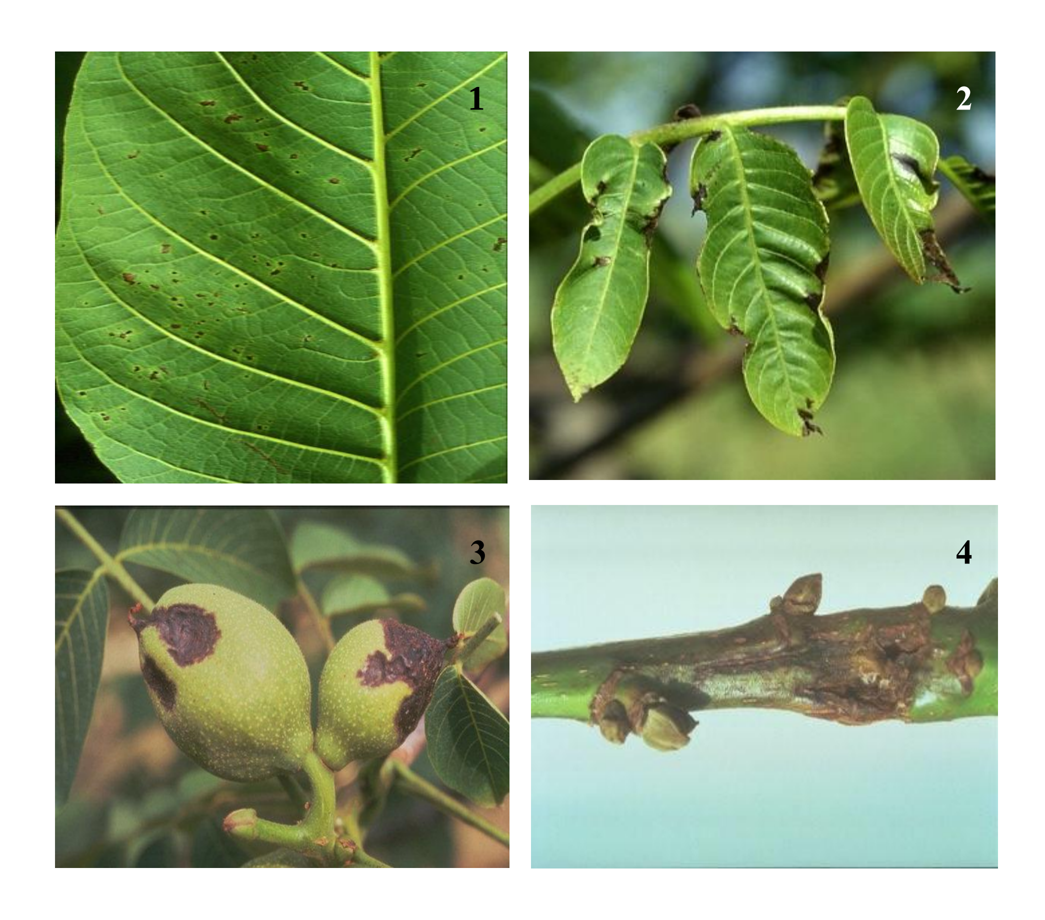
الأعراض:

تهاجم البكتريا المسببة للمرض جميع الأجزاء الخضرية للنبات، فعلى الثمار تبدو الأعراض بشكل بقع صغيرة خضراء مائية المظهر عند الطرف الزهري للثمرة تتحول تدريجياً إلى اللون الأسود، وتزداد مساحة البقعة المصابة حتى تعم معظم سطح الثمرة. تظهر على البقع المرضية أثناء الطقس الرطب إفرازات بكتيرية تدل على التكاثر السريع للبكتريا، وتؤدي الإصابة المبكرة إلى تقدم المرض داخل الثمرة مسبباً سقوط أعداد كبيرة منها.

وتظهر على الأوراق بقع دائرية أو مضلعة الشكل خضراء شاحبة اللون، تصبح بنية، وقد تتشوه الأوراق إذا كانت البقع على محيط الورقة.

كما تصاب في وقت مبكر البراعم الورقية والزهرية المذكرة منها والمؤنثة، فيظهر عليها بقع بنية أو سوداء اللون تؤدي إلى موت هذه البراعم.

كما تظهر على الأفرع الحديثة مساحات صغيرة خضراء شاحبة، تزداد مساحتها بتقدم نمو الجزء النباتي لتشكل تدريجياً تقرحات سوداء اللون (الشكل 2-22).



الشكل 2- 22: أعراض ناتجة عن الإصابة بالبكتريا *X. campestris* pv. *juglandis* . (1) بقع صغيرة بنية على الأوراق. (2) بقع على محيط الورقة وتشوه الأوراق. (3) بقع بنية أو سوداء على الثمار. (4) تقرحات على الأفرع.

البكتريا المسببة:

يسبب هذا المرض البكتريا *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (*X.campestris* pv. *juglandis*)، وهي بكتريا عصوية أبعادها تراوح بين 5- 7 X 1- 3 ميكرونات، سالبة غرام، متحركة بأهداب قطبية. تظهر المستعمرات بلون أصفر دائرية الشكل على الأوساط المغذية.

دورة حياة المرض:

تمضي البكتريا فترة الشتاء داخل البراعم الخضرية والزهرية المذكرة والمؤنثة وداخل تقرحات الأفرع، وتعد هذه الأعضاء النباتية الملوثة مصادر عدوى أولية تنتشر منها البكتريا إلى الأفرع والأوراق والثمار، حيث تظهر عليها أعراض التماوت، والتي تحمل بدورها أعداداً كبيرة من البكتريا، وتمثل مصادر عدوى ثانوية. كما تحتوي الأوراق على سطحها الخارجي أعداداً من البكتريا قد يصل عددها إلى 10 خلية بكتيرية/ الورقة، والتي تشكل بذلك مصدراً آخر من مصادر العدوى.

وتعد درجة الحرارة 20- 27 مْ الدرجة المثلى لحدوث المرض، كما تساعد الرطوبة العالية على زيادة نسبة الإصابة، وتكون الأعضاء الفتية من النبات عالية الحساسية للإصابة بالمرض، وتقل هذه الحساسية بتقدم عمر العضو النباتي.

المكافحة:

1- زراعة غراس سليمة خالية من المرض.

2- مراقبة البساتين الحديثة لأن إصابة عدة أشجار يمكن أن تنتشر المرض في سائر الحقل.

3- إجراء المعالجة الكيميائية المبكرة باستخدام المركبات النحاسية لمنع تلوث الأزهار المؤنثة والثمار الحديثة، ويمكن تكرار المكافحة حسب الظروف الجوية السائدة:

أ- تتم المعالجة الأولى عند بداية تفتح البراعم لمنع تلوث الأزهار المؤنثة والمذكرة والأوراق الحديثة.

ب- المعالجة الثانية تتم عند ظهور الأوراق الحديثة والأزهار المؤنثة.

حـ- المعالجة الثالثة وتتم عند جفاف الأزهار، فيتم بذلك حماية الثمار والأوراق الحديثة من الإصابة.

اللفحة البكتيرية على كرمة العنب Bacterial blight of grapevine

الأعراض:

تحدث الإصابة بالمرض عن طريق الجروح الناتجة عن تقليم الأفرع. وتبدأ أعراض المرض بالظهور من بداية الربيع على النحو التالي:

1- جفاف البراعم الطرفية من الأفرع والقريبة من مكان التقليم.

2- ذبول وموت الطرود الحديثة النمو نتيجة انتقال البكتريا إليها بدءاً من جرح التقليم عبر الأوعية الناقلة، وتكون الطرود بطول 4- 5 أوراق عندما تظهر عليها أعراض التماوت Necrose حيث تبدو بلون بني.

3- خلال شهر حزيران، تصاب الأفرع النامية من براعم بعيدة عن مكان التقليم حيث يظهر عليها في البداية تشققات صغيرة عند العقد نتيجة تكاثر البكتريا فيها، ثم تمتد هذه التشققات وتكبر في الحجم على طول الفرع النباتي.

4- يظهر على الأوراق المحمولة على أفرع مصابة، احتراقات بدءاً من القاعدة حتى القمة، فتفقد الأوراق لونها الطبيعي وتجف وتسقط. كما يظهر على أعناق الأوراق المصابة تشققات طولية ذات أنسجة ميتة.

5- يظهر على الأوراق القاعدية للأفرع إصابات ثانوية، فيلاحظ عليها بقع صغيرة تكون في البداية زيتية المظهر على السطح السفلي للأوراق، تتحول إلى بقع متماوتة صغيرة بقطر 2 مم، ذات لون بني محمر، محاطة أو غير محاطة بهالة صفراء. وتحدث هذه البقع إما نتيجة تلوث البراعم القاعدية للأفرع بقطرات الإدماع الملوثة التي تخرج من جروح التقليم، أو نتيجة تلوث الأوراق بالبكتريا التي تخرج من التشققات الأولية التي تظهر على الأفرع.

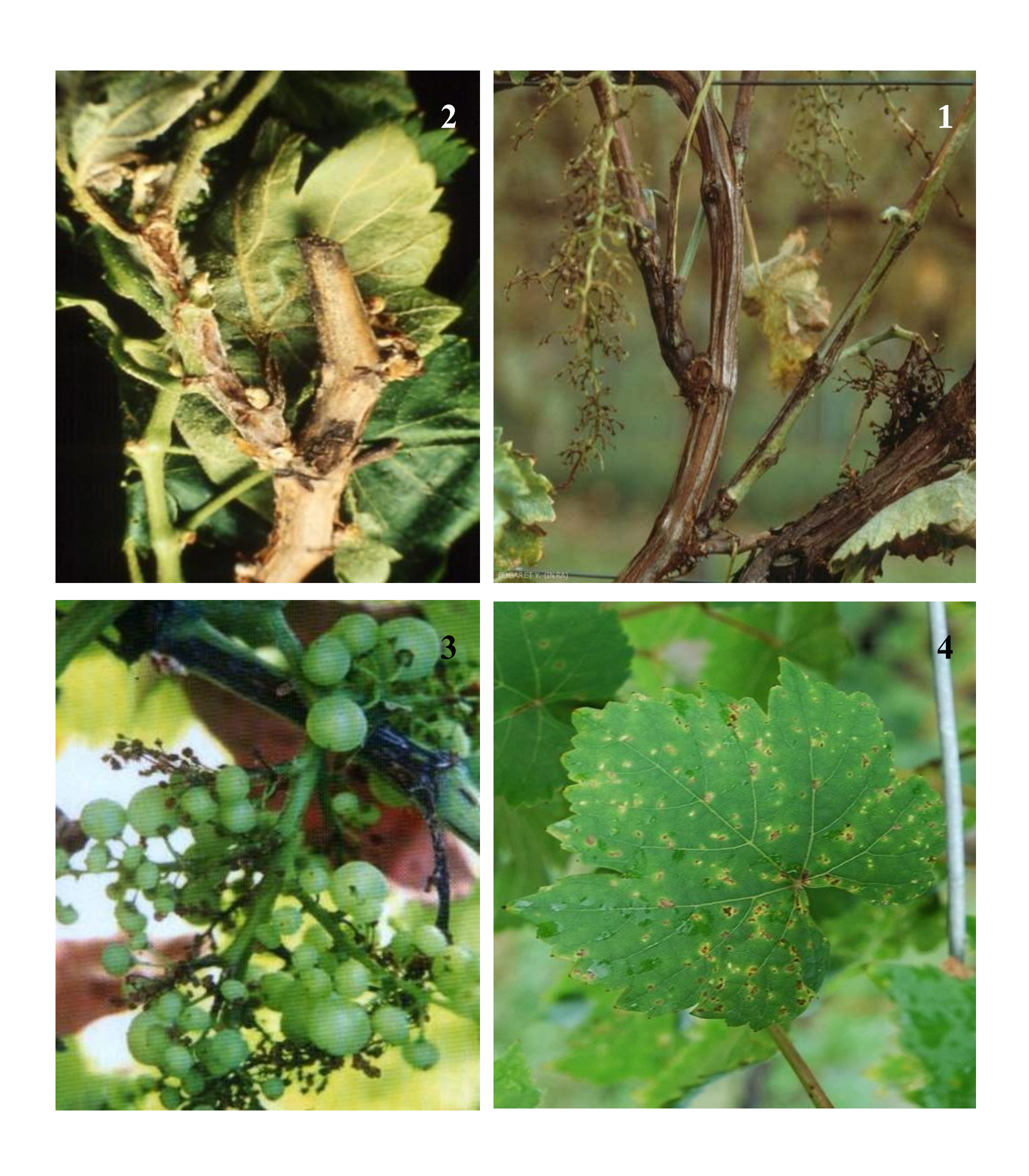
6- يظهر على العناقيد نوعان من أعراض الإصابة:

أ- إصابة خارجية تودي إلى موت الأزهار قبل تفتحها فتتلون باللون الأسود وتسقط.

ب- إصابة داخلية تودي إلى تماوت تفرعات العنقود على طول الأوعية الناقلة فتسبب موت العناقيد وسقوطها (الشكل 2- 23).

البكتريا المسببة:

ينتج مرض التقرح البكتيري على أشجار العنب عن البكتريا *Xylophilus ampelinus* (*Xanthomonas ampelina*) التي تتميز بنموها البطيء على الأوساط الغذائية، فهي تحتاج زمناً يتراوح بين 5- 10 أيام لكي تظهر مستعمراتها، التي تبدو بلون أصفر شاحب. ترافق هذه البكتريا دائماً أثناء العزل بكتريا أخرى غير ممرضه لا تتبع الأجناس *Pseudomonas* أو *Erwinia* سريعة النمو تظهر مستعمراتها خلال 24 - 48 ساعة، فتغطي بذلك البكتريا المسببة للمرض وتعيق نموها. وهذا ما يجعل عزل البكتريا المسببة للمرض صعباً.



الشكل 2- 23: أعراض الإصابة بالبكتريا *Xylophilus ampelinus* على الكرمة. (1) تقرحات على الأفرع. (2) تشقق الأفرع الصغيرة. (3) موت البراعم الزهرية. (4) بقع صغيرة على الأوراق.

عوامل انتشار المرض:

تعد قطرات الماء التي تخرج أثناء التقليم في فترة سريان العصارة (ا لإدماع) أهم مصادر العدوى، حيث يحتوي ميليتر واحد من هذا السائل على عدة ملايين من البكتريا. وإن احتواء هذا السائل على مواد غذائية غنية، يشجع نمو البكتريا. ويلوث هذا السائل الأدوات الزراعية كمقصات وأدوات التقليم التي تنقل البكتريا من غصن إلى آخر ومن شجرة إلى أخرى. كما تعد بقايا الأفرع الناتجة عن التقليم التي تترك على التربة أو بداخلها مصدراً مهماً للعدوى، حيث تبقى البكتريا حية في أنسجتها لعدة أشهر، وإن أي تحريك لهذه المخلفات أثناء العمليات الزراعية يؤدى إلى تكاثر البكتريا مع ذرات الغبار التي تسقط على الأوراق أثناء فترة النمو فتسبب بذلك الإصابة الموضعية. تعد نهاية الشتاء وبداية الربيع الفترة التي تكون فيها الأشجار عالية الحساسية للمرض.

الأهمية الاقتصادية والانتشار الجغرافي:

تهاجم البكتريا المسببة للمرض الكرمة الأوربية فقط *Vitis vinifera* حيث تحدث عليها أضراراً كبيرة في الدول التي تهتم بزراعة هذه الشجرة. وتظهر أهمية المرض من خلال عدم وجود طرائق علاجية لمكافحته، وكونه مستوطنا في كثير من مناطق زراعة الكرمة، ففي اليونان ينتشر في المناطق التي تشتهر بزراعة أكثر الأصناف استهلاكاً. وفي فرنسا تبلغ مساحة الأراضي المزروعة بالكرمة والمصابة آلاف الهكتارات، حيث بلغت نسبة الفقد في الإنتاج 5 %. كما ازداد انتشار المرض في إسبانيا وأصبح مستوطناً فيها. وقد أدى التحول من استخدام المركبات النحاسية في مكافحة الفطريات إلى المركبات العضوية إلى ازدياد انتشار هذا المرض. وينتشر المرض أيضا في كثير من الدول كإيطاليا وتركيا وجنوب أفريقيا وغيرها.

المكافحة :

1- استخدام طعوم أو عقل مأخوذة من أمهات سليمة.

2- قلع الأشجار المصابة وحرقها، إذا كان عدد الأشجار المصابة قليلاً.

3- إتلاف الأفرع الناتجة عن التقليم بالحرق.

4- تعقيم أدوات التقليم بين كل شجرة وأخرى بغمسها بالكحول.

5- التقليل من التلوث الخارجي باستخدام المركبات النحاسية وإجراء الرش على فترات .

أ- بعد التقليم مباشرة لتعقيم الجروح الناتجة عنه، ويمكن استخدام محلول بوردو بنسبة 5% نحاس.

ب- إجراء رشة في طور انتفاخ البراعم لحماية البراعم والأفرع الناتجة عنها باستخدام محلول بوردو بنسبة 2% نحاس.

جـ- الرش بمحلول بوردو 2% نحاس، عندما تكون الطرود بطول 4- 5 أوراق.

د- يمكن إجراء رشة إضافية في الخريف قبل تساقط الأوراق، أو عندما تكون نسبة الأوراق المتساقطة تساوي 50 %.

مرض الاصفرار الذهبي على كرمة العنب أو اسوداد الأفرع

(Grapevine yellows) Flavescence dorée or black wood

أمراض ناتجة عن الإصابة بالفيتوبلاسما، ويعد الاصفرار الذهبي من أكثر الأمراض خطورة على الكرمة في فرنسا حيث يقصر عمر الأشجار، ويخفض الإنتاج ونوعية الخمور بسبب انخفاض نسبة السكر في الثمار و طعمها الحامض.

الأعراض:

تبدي الأشجار المصابة ضعفاً في النمو، واصفرار الأوراق والتفافها نحو الأسفل، وانخفاضاً في نوعية وكمية الثمار، وقد تظهر الأعراض على كامل الأفرع أو جزء منها. قد تكون بعض الأصناف متحملة للمرض لا تبدي أعراضاً ظاهرية، لكنها تحمل المسبب المرضي. تبدي الأصناف الحمراء تلوناً يميل للاحمرار بدلاً من اللون الأصفر. تبقى الأفرع المصابة لينة لا تتخشب، وتصبح لاحقاً سهلة الكسر، وتسوّد وتموت خلال الشتاء، وقد يلاحظ ندب صغيرة سوداء اللون على الأفرع المصابة. تؤدي الإصابة إلى جفاف الأزهار وتساقطها، ويتلون حامل العنقود باللون البني ويذبل، كما تتساقط حبات العنب قبل نضجها (الشكل 2- 24).

عوامل حدوث المرض:

ينتقل مسبب المرض بواسطة حشرات النطاطات التي تمتص نسغ الأشجار المصابة، وبعد فترة من الحضانة تستطيع نقله إلى أشجار أخرى طوال فترة حياة الحشرة.

ينتقل المرض أيضاً بواسطة التكاثر الخضري للنبات، ويمكن أن تبقى الأشجار في فترة حضانة لا تظهر عليها أعراض المرض لمدة ثلاث سنوات على الأقل، كما أن بعض الأصناف أو الأصول تكون متحملة للمرض، فعند استخدامها لإنتاج غراس مطعمة فإنها تنقل المرض إلى هذه الغراس.

المكافحة :

يعد هذا المرض من الأمراض الحَجْريّة حيث أنه ينتشر في بعض الدول الأوربية كفرنسا وألمانيا، لذلك فإن الأشجار التي تثبت إصابتها سواء تظهر عليها أعراض المرض أو لاتظهر يجب التخلص منها بالحرق. استخدام شتول وأصول خالية من المرض وموثوقة. ومكافحة الحشرات الناقلة للمرض. كما يجب تعريض النباتات المنتجة من

فرنسا وألمانيا أو الدول التي يثبت وجود المرض فيها إلى حمام مائي درجة حرارته 50ْم لمدة 35 دقيقة.



الشكل 2- 24: أعراض الإصابة بمرض الاصفرار الذهبي على الكرمة. (1) اصفرار الأوراق. (2) التفاف الأوراق. (3) ذبول العناقيد. (4) ندب بنية أو سوداء اللون على الأفرع.

مرض بيرس (تدهور أشجار كرمة العنب) Pierce disease

[المرض الكاذب على الدراق(Phony disease (peach]

[الإصفرار المتباين على الحمضيات (Variegated chlorosis (citrus]

أعراض المرض:

علـى الكرمـة: يعد المرض من الأمراض التي تسبب أضراراً كبيرة على شجيرات الكرمة، حيث يمكن أن يؤدي المرض إلى موت الشجيرات المصابة خلال عدة أشهر أو سنوات. يكون المرض أكثر ضراوة على الشجيرات الفتية ذات النمو الخضري الكبير، كما يزداد انتشاراً في المناطق الدافئة. وتبدو الأعراض على شكل جفاف سريع واحتراق حواف الأوراق، بينما تبقى بقية أجزاء الورقة خضراء اللون، يتقدم احتراق النسج نحو مركز الورقة حتى يعم كامل الورقة، حيث يسقط نصل الورقة ويبقى المعلاق متصلاً بالفرع النباتي (شكل 2- 25). تتوقف العناقيد عن النمو، وتظهر عليها أعراض ذبول، ثم تجف. وتظهر على الأفرع أعراض نضج غير مبكر، حيث تظهر على القلف لطخ بنية اللون، بينما يبقى باقي النسيج أخضر اللون. يبدي الخشب الداخلي تلوناً أصفر أو بنياً عند إجراء مقطع طولي أو عرضي، كما يتشكل الصمغ في الأوعية الخشبية مما يؤدي إلى إغلاقها مسبباً أعراض المرض.

على الدراق: تظهر أولى أعراض المرض على الطرود الفتية، حيث تبدي الأوراق لوناً أخضر غامقاً أكثر من اللون الطبيعي، كما تكون الأفرع متقزمة بسبب قصر السلاميات، ويظهر تلون بني على الخشب عند إجراء مقطع عرضي، وتبقى الأوراق على الأفرع في الخريف لفترة أطول، كما تكون الثمار صغيرة الحجم (الشكل 2- 26)

على الحمضيات: تبدو الأعراض على الأوراق شبيهه بأعراض نقص عنصر الزنك، حيث يلاحظ اصفرار بين العروق، وتظهر الأعراض الأولى على فرع واحد، ثم يمتد للأفرع الأخرى، وباقتراب الأوراق من النضج يظهر على السطح السفلي ومقابل مناطق

الاصفرار إفرازات صمغية، وتزداد مساحة مناطق الاصفرار مع الوقت، ويتحول لونها إلى البني، كما تكون الأوراق أصغر حجماً من الأوراق الطبيعية (الشكل 2- 27).



الشكل 2- 25: أعراض الإصابة بالبكتريا *Xylella fastidiosa* على الكرمة. (1) لطخات بنية على الأفرع. (2) احتراق حواف الأوراق. (3) ذبول عناقيد العنب. (4) سقوط الأوراق وبقاء محلاق الورقة معلقاً.

تظهر على الثمار أولى علامات المرض كلسعة شمس نتيجة لسقوط الأوراق عند قمة الفرع المصاب، ويتغير لون الثمار مبكراً، وتكون صغيرة الحجم ذات قشرة قاسية قليلة العصير وذات طعم حامضي.

تكون الأشجار المصابة ضعيفة النمو، وتعطي أزهاراً وثماراً غير طبيعية، وتؤدي الإصابة الشديدة إلى تعرية قمم الأفرع من الأوراق.





الشكل 2- 26 : أعراض الإصابة بالبكتريا *Xylella fastidiosa* على الدراق. (1) لون داكن للأوراق، وتقزم الأفرع، وصغر حجم الثمار. (2) تلون الخشب في الفرع.

البكتريا المسببة:

يسبب هذا المرض البكتريا *Xylella fastidiosa* ، وهي تنتمي إلى مجموعة Fastidious bacteria التي تحتاج لتنميتها إلى متطلبات خاصة حيث تنقسم هذه البكتريا إلى مجموعتين :

بكتريا تنمو في اللحاء Fastidious phloem-limited bacteria وبكتريا ساكنة في الخشب Fastidious xylem- inhabiting bacteria. تنتمي البكتريا *Xylella fastidiosa* إلى مجموعة البكتريا ساكنة الخشب. وهي بكتريا عصوية أو متموجة

أبعادها 0.2 – 0.5 X 1 -4 ميكرونـات. لـيس لهـا أهداب، و يمكـن تنميتهـا علـى أوسـاط غذائية خاصة، إذ تنمو عليها ببطء، فتظهر المستعمرات صغيرة بقطر 1- 2 مم، وهي لا تنمو على الأوساط العادية .

ينتقل المرض بـالتطعيم، وعن طريق نطاطـات الأوراق التـي تكتسب البكتريـا فـي داخلهـا خلال ساعتين نتيجة امتصاصـها لعصارة النبات، وتستطيع نقل المرض طوال حياتها.



الشكل 2- 27: أعراض الإصابة بالبكتريا *Xylella fastidiosa* على الحمضيات. (1) اصفرار بين عروق الأوراق. (2) ثمار صغيرة الحجم وقصر طول السلاميات. (3) أعراض لسعة الشمس. (4) مقطع لثمار مصابة صغيرة الحجم تبدي لون ثمار غير ناضجة.

الانتشار الجغرافي والمجال المضيفي:

ينتشر المرض في جنوب الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل والمكسيك وكوستاريكا. تتواجد البكتريا على أكثر من 28 عائلة نباتية بما فيها نجيليات وأعشاب وشجيرات وأشجار مختلفة يظهر على بعضها أعراض المرض.

المكافحة :

لا توجد طريقة عملية لمكافحة المرض، وكل الأصناف قابلة للإصابة، وإنما رش الأشجار بالمضاد الحيوي تيتراسيكلين يمنع ظهور أعراض المرض، إلا أن ذلك محرم في كثير من دول العالم. يمكن معاملة الأشجار بالحرارة (الحجرة الشمسية) أن تؤدي إلى شفائها، ولكن ذلك يتم لأشجار فردية. وأفضل وسيلة هي الزراعة في منطقة معزولة أو بعيدة عن المضيفات الحاملة للمرض، وزراعة نباتات سليمة، ومكافحة الحشرات الناقلة، وحرق الأشجار المصابة.

التقرح البكتيري على الحمضيات Citrus canker

الأعراض:

تظهر أعراض المرض على الأوراق بشكل بقع صغيرة مائية قطرها 1- 3 مم. تكبر تدريجياً ليصل قطرها إلى 6 مم، وتصبح نافرة مرتفعة عن نسيج الورقة، أسفنجية خشنة الملمس ذات حواف محددة، وتحيط بها هالة صفراء اللون.

وتظهر على الأفرع مناطق خشنة صفراء إلى بنية اللون تتصل مع بعضها لتشكل مساحة متصلة تشبه الجرب تؤدي إلى موت الأفرع. وقد تصاب الثمار، فيظهر عليها بقع خشنة مقعرة المركز يكبر حجمها تدريجياً حتى يصل قطرها إلى 2 سم وتتشقق، فتبدو كأنها مصابة بالجرب (الشكل 2- 28).

البكتريا المسببة والأهمية الأقتصادية للمرض:

يسبب مرض التقرح البكتيري على الحمضيات البكتريا *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (*Xanthomona campestris* pv. *citri*). وهناك عدة سلالات بكتيرية تنتشر في مناطق مختلفة من العالم، فهناك السلالة A الآسيوية التي تنتشر في بلاد شرق آسيا كاليابان، والسلالة B التي تنتشر في المكسيك وجنوب أمريكا، والسلالة C التي تنتشر أيضاً في المكسيك، والسلالة D وتسمى *Xanthomonas axonopodis* pv. *aurantifolii* ، والسلالة E وتسمى *X. campestris* pv. *citrumelo*.



الشكل 2- 28: أعراض التقرح البكتيري على الحمضيات المتسبب عن البكتريا *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*

ويعد هذا المرض من أهم الأمراض التي تصيب الحمضيات في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، لذلك فإن استيراد ثمار الحمضيات والشتول والبذور يخضع في كثير من الدول لقوانين حجر زراعي صارمة، وذلك لمنع تسرب المرض إلى المناطق الخالية منه.

المجال المضيفي والانتشار الجغرافي:

تصيب البكتريا *X. campestris* pv. *citri* العديد من الأشجار التابعة للأجناس *Fortunell*، *Poncirus*، *Citrus* وأهم الأشجار التي تصاب بالمرض هي أشجار الليمون والبر تقال واليوسفي والماندرين. وقد وجد المرض أول مرة في جنوب شرق أسيا، ثم انتشر بعد ذلك إلى دول آسيا وأفريقيا وجنوب أمريكا، وهو غير مسجل في سورية.

عوامل حدوث المرض:

تتواجد البكتريا على الندب والتقرحات التي يحدثها المرض على الأوراق والثمار والساق، وتخرج منها في الفترات التي يكون فيها الطقس دافئاً وماطراً إفرازات بكتيرية، تنتشر على الأجزاء الأخرى فتدخل النسيج النباتي عبر مسامات الأوراق أو الجروح. ومما يشجع على الإصابة وجود طقس ماطر يترافق مع الرياح. وتكون أضرار المرض كبيرة في المناطق التي تكون فيها الرطوبة عالية مع ارتفاع في درجات الحرارة .

المكافحة:

1- استخدام بذور وشتول خالية من المرض.

2- التخلص من بقايا النباتات في الحقل بالحرق.

3- رش الأشجار بمحلول بوردو أو أحد المركبات النحاسية عدة مرات خلال الموسم.

4 – تطبيق صارم للحجر الزراعي في الدول الخالية من المرض ومنها سورية.

مرض اخضرار الحمضيات Citrus greening disease

ويسمى أيضاً Huanglongbing (HLB)

أعراض المرض:

يعد هذا المرض من أكثر الأمراض تأثيراً في إنتاج الحمضيات في آسيا وأفريقيا. تظهر أعراض المرض على شكل اصفرار الأوراق على جزء أو كامل المجموع الخضري للشجرة، والذي يبدأ باصفرار عروق الأوراق والأنسجة المحيطة بها، كما يؤدي إلى تساقط الأوراق وموت تراجعي للأفرع، ومن الأعراض المميزة وجود ثمار غير متجانسة النضج يبقى جزء منها أخضر اللون (الشكل 2- 29) وتكون رائحة عصير الثمار المصابة غير مرغوب وذي طعم مر.

البكتريا المسببة:

يسبب المرض البكتريا ساكنة اللحاء Fastidious phloemlimited bacterium، والتي ينتمي لها سلالتان: الآسيوية *Candidatus liberobacter asiaticus* والأفريقية *Candidatus liberobacter africanus*. لا يمكن تنمية البكتريا على الأوساط المغذية، ويتم تشخيصها بطريقة الـ PCR والطرائق الجزيئية الأخرى. السلالة الآسيوية متحملة للحرارة، حيث ينتشر المرض في المناطق التي تصل درجة الحرارة فيها حتى 35 درجة، بينما لا تظهر أعراض المرض على الأشجار المصابة بالسلالة الأفريقية إلا عند درجة تتراوح بين 22- 25 مْ .

عوامل انتشار المرض:

ينتقل المرض عن طريق التكاثر الخضري، وعن طريق حشرات البسيلا التي تمتص عصارة النبات المصاب، ثم تنقل البكتريا إلى نبات سليم حيث تتكاثر فيه البكتريا لفترة قد تصل إلى عام كامل قبل أن تظهر عليه أولى أعراض المرض.



الشكل 2- 29: مرض اخضرار الحمضيات المتسبب عن البكتريا *Candidatus liberobacter asiaticum*. (A) اصفرار الأوراق على الطرود. (B) أوراق متدرجة في شدة الإصابة. (C) تأخر بالنمو وتلون غير طبيعي لثمار برتقال مصابة. (D) اصفرار وموت تراجعي للأفرع.

المكافحة :

التخلص من الأشجار المصابة مجرد تشخيص المرض مباشرة، واستخدام غراس سليمة من المرض، ومكافحة الحشرات الناقلة بالمواد الكيميائية أو بطرائق المكافحة الحيوية .

مرض عناد الحمضيات Citrus Stubborn disease

أعراض المرض:

تختلف أعراض الإصابة على الأشجار، حيث يصعب تمييز بعض الأشجار المصابة من السليمة ولمدة عدة سنوات، وتتشابه أعراض الإصابة مع أعراض ناتجة عن مسببات عديدة، وعندما تكون الإصابة شديدة يلاحظ تساقط للثمار، وتقزم وضعف نمو الأشجار، وموت تراجعي للأفرع، وانخفاض في الإنتاج.

تظهر الأعراض الأولى على الأوراق، حيث تكون صغيرة الحجم وعليها تبرقشات صفراء اللون تشبه أعراض نقص العناصر المغذية. ويؤدي قصر السلاميات على الأفرع إلى كثافة الأوراق عند قمم الأفرع. وتكون الثمار صغيرة الحجم غير منتظمة الشكل وذات نهاية إبرية، وتكون قشرة الثمار سميكة من طرف ونحيفة من طرف آخر، وليس للثمار المصابة طعم، أو قد يكون طعمها مرّاً، والبذور فيها ضامرة (الشكل 2-30).

البكتريا المسببة:

يتسبب هذا المرض عن البكتريا *Spiroplasma citri* ، وهي بكتريا تنتمي إلى مجموعة البكتريا الرخوة Mollicutes ، وتعود هذه الكلمة إلى اليونانية حيث *mollis* تعني طري أو رخو و *cutis* تعني جلد. وهذه المجموعة من البكتريا لا تحتوى على جدار خلوي، ولها شكل حلزوني، وليس لها أهداب تتحرك حركة لولبية، وتتراوح أبعادها بين 100 إلى 200 نانومتر عرضاً و2 -4 ميكرونات طولاً، وقد يصل إلى 15 ميكروناً . تتواجد في لحاء الأشجار، ويمكن تنمية البكتريا على الأوساط المغذية حيث تظهر المستعمرات على شكل بيض مقلي صغيرة الحجم، وهي مقاومة للبنيسيلين وحساسة للتيتراسيكلين.

تنتقل البكتريا بواسطة الحشرات كالنطاطات وبالتطعيم . تصيب العديد من النباتات أحادية وثنائية الفلقة كالصليبيات واللوزيات مثل الدراق والكرز.



الشكل 2- 30 : أعراض الإصابة بمرض عناد الحمضيات المتسبب عن البكتريا *Spiroplasma citri* .
(1) اصفرار على الأوراق. (2) ضمور البذور وتلونها. (3) على اليمين ضعف نمو الأشجار المصابة.
(4) اختلاف في ثخانة قشرة الثمرة على اليسار وثمار سليمة ذات قشرة منتظمة على اليمين.

المكافحة:

استخدام طعوم وأصول خالية من المرض، والتحري بسرعة عن الأشجار المصابة والتخلص منها بالحرق، ويمكن معاملة الأشجار الفتية بالمضاد الحيوي تتراسيكلين .

تبقع أوراق التوت أو لفحة التوت

Mulberry blight or mulberry leaf spot

أعراض المرض:

تظهر أولـى علامـات المـرض علـى شكل بقـع مائيـة صـغيرة علـى الأوراق سـرعان مـا تتصل ببعضها، وتتحول لاحقاً إلى بقع ميتة بنية إلى سوداء اللون، كما تظهر علـى العرق الرئيسي للورقـة المصـابة بقـع متطاولـة ميتـة بنيـة إلـى سـوداء، وقـد تخـرج منهـا إفـرازات بكتيرية، وقد تتشوه قمة وقاعدة الأوراق. تظهـر علـى الأفـرع بعمـر سـنتين خطـوط غـائرة يخرج منها إفرازات كريمية إلى صفراء اللون، وقد تتشقق الأفرع، وعنـدما تحـيط بـالفرع النباتي فإنها تؤدي إلـى موتـه. تهـاجم البكتريـا بارانشـيم الأوراق ولحـاء الخشـب ونـادراً مـا تؤدي إلى موت الأشجار، ولكن تسبب لها ضعفاً في النمو وتقزم.

البكتريا المسببة:

يتسبب هذا المرض عن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *mori* . تعيش فـي بقايا الأوراق. ينتشر المرض في أوروبا والصين والبرازيل وإيران وتركيا وغيرها.

المكافحـة: استخدام غـراس سـليمة، وتقليـل الرطوبـة، وتقلـيم الأفـرع المصـابة، وإجـراء مكافحة بالمركبات النحاسية.



الشكل 2- 31: أعراض الإصابة بمرض تبقع أوراق التوت أو لفحة التوت المتسبب عن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *mori*

الفصل السابع

الأمراض البكتيرية على الخضروات والمحاصيل الحقلية

الأمراض البكتيرية على الباذنجانيات

مرض التقرح البكتيري على البندورة

Bacterial canker of tomato

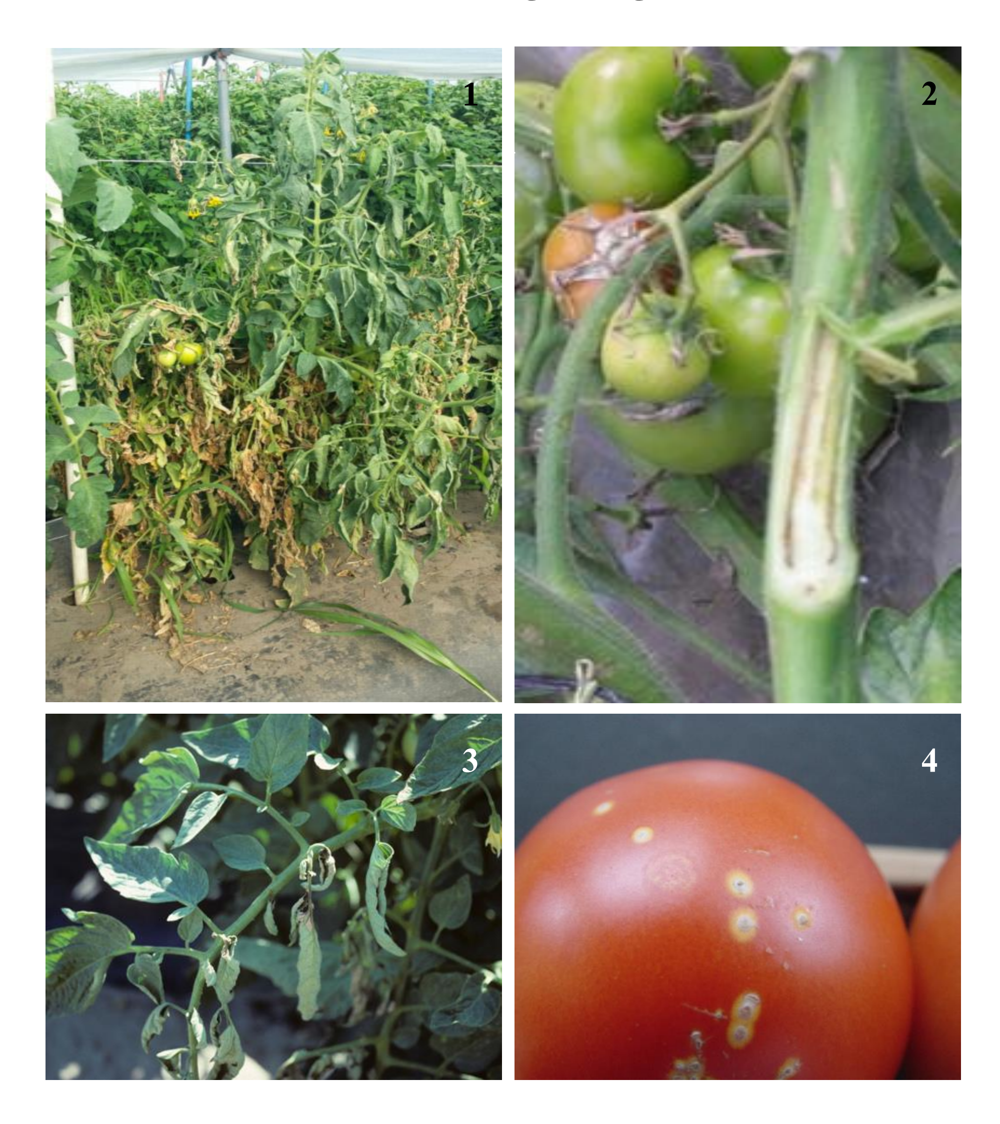
أعراض المرض:

يسبب المرض أعراضاً مختلفة على النبات بحسب التقنيات الزراعية المستخدمة، وطبيعية التغذية، وهل الزراعة حقلية أو محمية، وعمر النبات، والصنف وغير ذلك. وتعد الإصابة الوعائية أكثر انتشاراً من لفحة الأوراق، وقد لا تظهر الأعراض الوعائية في البيوت البلاستيكية إلا في طور اقتراب النبات من النضج عندما يصل ارتفاعه إلى 1.5 – 2 م حيث يبدي النبات المصاب ذبولا قد يكون جزئياً، ثم يمتد ليشمل أجزاء النبات كاملاً (الشكل 2- 32).

يلاحظ في بداية الإصابة، ذبول جانبي للأوراق المركبة سرعان ما يشمل كامل الورقة، ثم تجف الأجزاء المصابة من الورقة، كما تظهر تقرحات رمادية إلى بنية فاتحة اللون على الساق وأعناق الأوراق، وتتلون الأنسجة الوعائية باللون البني. تظهر بعض الإفرازات البكتيرية خلال الجو الرطب، وانتشار البكتريا من هذه الإفرازات إلى الأجزاء الأخرى من النبات، ويشاهد بقع بيضاء اللون تتحول إلى تقرحات على الأوراق وأعناقها.

ويشاهد على الثمار ندب رمادية دائرية بقطر يراوح بين 3- 6 مرتفعة قليلاً عن سطح الثمرة، وتحاط بهالة بيضاء أو صفراء بحسب درجة نضج الثمار وتشبه بذلك عين

الطير، وهي حالة مميزة لهذا المرض على الثمار لكنها قليلة الحدوث. تهاجم البكتريا أنسجة الثمرة الوعائية كلها حتى تصل إلى البذور.



الشكل 2-32: أعراض الإصابة بالبكتريا *Clavibacter michganensis* subsp. *michiganensis* على البندورة. (1) جفاف وذبول أسفل النبات. (2) تلون الحزم الوعائية باللون البني. (3) ذبول جانب من الورقة المركبة. (4) بقع عين الطير على الثمار.

وبائيات المرض Epidemilolgy:

تعد البذور الملوثة بالبكتريا أهم مصدر من مصادر العدوى، حيث تتواجد البكتريا على السطح الخارجي للبذور، ونسبة قليلة تكون ملوثة داخلياً 1% وهذه تحدث إصابة حقلية قد تصل نسبتها إلى 100 %، كما يمكن للبكتريا أن تبقى حية في بقايا النباتات فوق سطح التربة أو بداخلها، فتكون مصادرعدوى أولية خاصة في الزراعات المحمية حيث تبقى البكتريا حية لعدة أشهر داخل البيت البلاستيكي أو على الأدوات الزراعية المستعملة.

وتحدث الإصابات الثانوية على النبات عن طريق قطرات المطر المتناثرة والمترافقة برياح قوية. كما قد يكون لملابس العمال وأيديهم وأدواتهم الملوثة دور مهم في نقل المرض أثناء قيامهم بالعمليات الزراعية. وتساعد الرطوبة الجوية العالية وتبلل النباتات بالماء على حدوث الإصابة عن طريق الجروح وفتحات المسام والعديسات والفتحات المائية وغيرها.

البكتريا المسببة:

يسبب مرض التقرح البكتيري على البندورة البكتريا *Clavibacter michganensis* subsp . *michiganens* (*Corynebacterium michiganens*) ، وهي بكتريا موجبة غرام عصوية تأخذ أشكالاً مختلفة. لاتشكل أبواغ Spores، هوائية التنفس، غير متحركة. تنمو ببطء على الأوساط المغذية الصلبة، حيث تظهر مستعمراتها بقطر 1مم بعد خمسة أيام، و 2- 3 مم بعد 7 - 8 أيام. وتكون المستعمرات ملساء، محدبة صفراء شاحبة تصبح صفراء اللون.

الانتشار الجغرافي والأهمية الاقتصادية للمرض:

تنتشر البكتريا المسببة للمرض في جميع مناطق زراعة البندورة الأساسية، كما تصيب هذه البكتريا العديد من الأنواع التابعة للجنس *Lycopersicum* كالفليفلة الحلوة وغيرها.

كما أمكن إحداث الإصابة اصطناعياً على العديد من نباتات العائلة الباذنجانية. ويعد مرض التقرح البكتيري على البندورة من أهم أمراض هذا المحصول، حيث يسبب خسائر في الإنتاج تقارب 70% ، لذلك يعد من الأمراض الحَجْريّة في كثير من دول العالم، وقد تم تسجيل المرض في سورية في بعض مناطق الزراعة المحمية.

المكافحة :

تعد مكافحة مرض التقرح البكتيري على البندورة من أصعب أمراض البندورة مكافحة وذلك لأسباب عديدة:

1 - يعد محصول البندورة من أكثر المحاصيل قابلية للعدوى.

2 - صعوبة اكتشاف النباتات المصابة.

3- عدم وجود مواد كيميائية تؤثر بشكل جيد في المرض.

4 - قدرة البكتريا على البقاء حية لمدة طويلة على بقايا النباتات.

ويمكن اتباع الخطوات التالية التي تحد من نمو المسبب وانتشار المرض:

1- زراعة بذور سليمة غير ملوثة، حيث يمكن التأكد من ذلك بإجراء اختبار الوميض المناعي (I .F) Immunofluorescence.

2 - استخلاص البذور بطريقة التخمير أو استخدام الحموض يقلل كثيراً التلوث بالبكتريا.

3 - عند بدء ظهور أعراض المرض يجب:

ا - اقتلاع النباتات التي تبدي أولى علائم المرض وإتلافها بالحرق. كما يتم تحديد قطاع حول المنطقة المصابة تعامل مراراً بالمركبات القاتلة للبكتريا ويفضل التقليل ما أمكن من الاقتراب منها أو المرور خلالها، وعدم قطف الثمار منها.

ب - إيقاف عملية الري الرذاذي وعدم الإفراط بعملية الري.

ج- رش النباتات بالمركبات النحاسية أو باستخدام المضادات الحيوية. إذ تجرى ثلاث رشات بفارق 10 أيام بين الرشة والأخرى، ويتبعها رشة كل 3- 5 أسابيع. ويمكن تطبيق المعالجة نفسها لوقاية النباتات التي لا تبدي أعراضاً مرضية.

د - التخلص من بقايا المحصول السابق بالحرق، وتعقيم التربه بمواد قاتلة للبكتريا كالفورمالين أو باستخدام بخار الماء الساخن، ويمكن تشميس التربة لمدة 6 أسابيع بتغطيتها برقائق بلاستيكية في الزراعات المحمية.

4 - اتباع دورة زراعية.

5 - استخدام أصناف مقاومة.

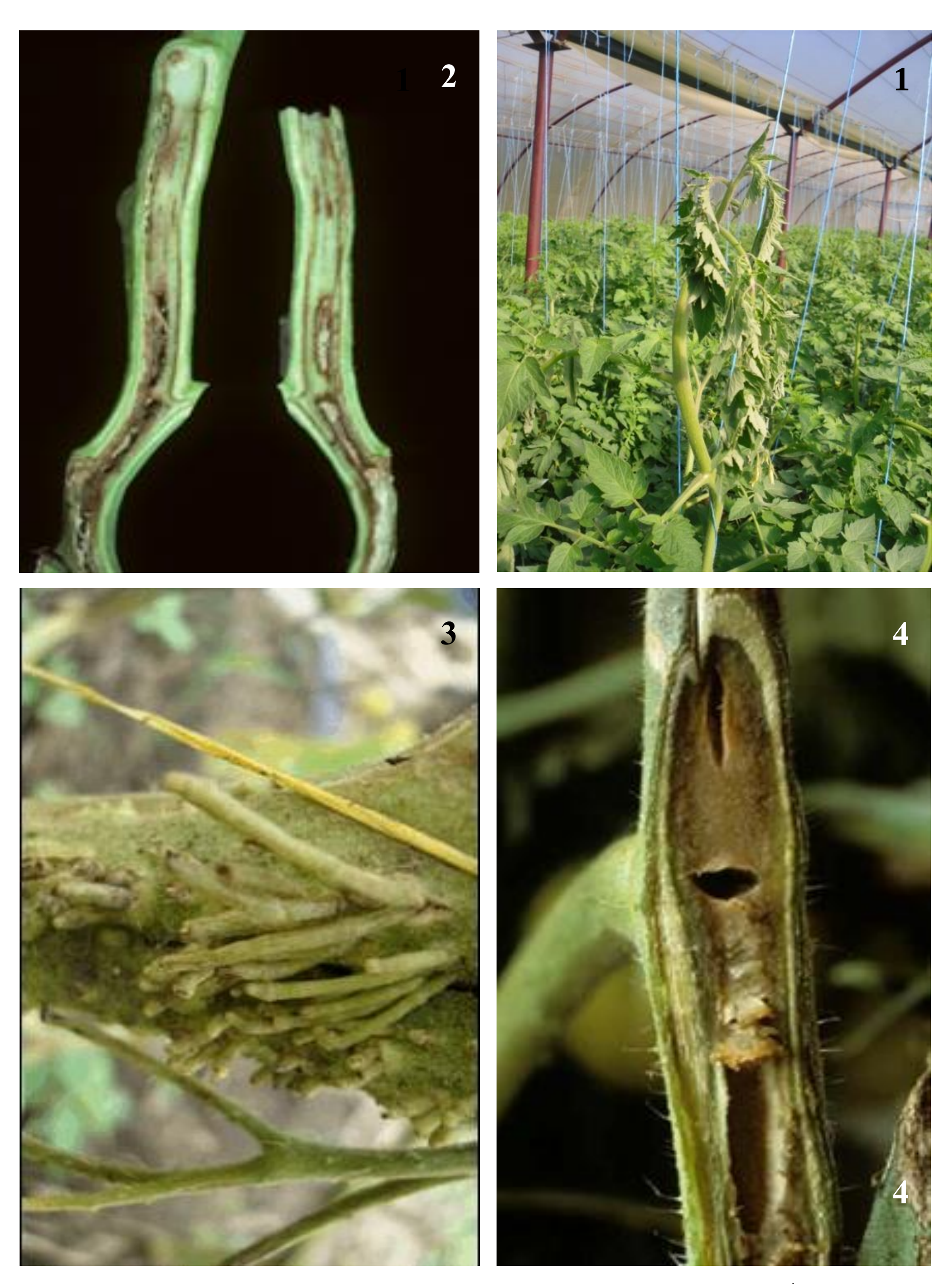
تماوت لب ساق البندورة Tomato pith necrosis

أعراض المرض:

تظهر أولى أعراض المرض على شكل اصفرار الأوراق السفلية، يتبعها ذبول قمة النبات يمتد لاحقاً إلى كامل النبات. وعلى الساق وقريباً من سطح التربة يلاحظ بقع غائرة رمادية إلى سوداء اللون ميتة يمكن أن تتشقق، وعند قطع الساق طولياً يلاحظ تحلل النسيج الداخلي بمناطق مختلفة، ويتلون باللون البني ثم يتحول إلى اللون الأسود، وقد يصبح الساق فارغاً. كما قد تتلون الأنسجة الوعائية باللون البني أيضاً، وقد يموت النبات كلياً، كما قد يشكل النبات جذوراً هوائية فوق سطح التربة (الشكل 2- 33). في بعض الحالات قد يتعافى النبات ويستمر بالإنتاج إذا تغيرت الظروف المناخية المساعدة لتطوره.

المسبب المرضي وعوامل انتشاره:

يسبب المرض البكتريا *Pseudomonas corrugate* ، وهي بكتريا سالبة غرام غير وميضية. تدخل النبات عن طريق ندب الأوراق أو الجروح المختلفة التي يخرج منها إفرازات بكتيرية تنتقل إلى أجزاء أخرى من النبات أو لنباتات مجاورة عن طريق الأدوات المستخدمة في خدمة النباتات. كما قد تتواجد البكتريا بالبذور أو في التربة.



الشكل 2- 33: أعراض الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas corrugate*على البندورة. (1) ذبول قمة النبات. (2) تلون الحزم الوعائية باللون البني. (3) تشكل جذور هوائية. (4) تجويف النسيج الداخلي لساق النبات.

يشجع التسميد الآزوتي الزائد والرطوبة العالية ودرجة الحرارة المنخفضة ليلاً على انتشار المرض، كما يزداد المرض في الأيام التي يكون فيها الطقس غائماً ورطباً مع انخفاض في درجات الحرارة.

ينتشر المرض في الكثير من دول العالم، وبخاصة في أوروبا وحوض البحر الأبيض المتوسط وفي تركيا وسوريا.

المكافحة :

التقليل من التسميد الآزوتي وإضافة معتدلة لعنصر البوتاسيوم والكالسيوم لتقوية النبات. تهويه النباتات وتقليل الرطوبة الجوية. تشميس التربة قبل زراعة النباتات في البيوت المحمية، ورش النباتات بالمركبات النحاسية وبخاصة الجزء السفلي القريب من سطح التربة.

مرض التنقط البكتيري على البندورة

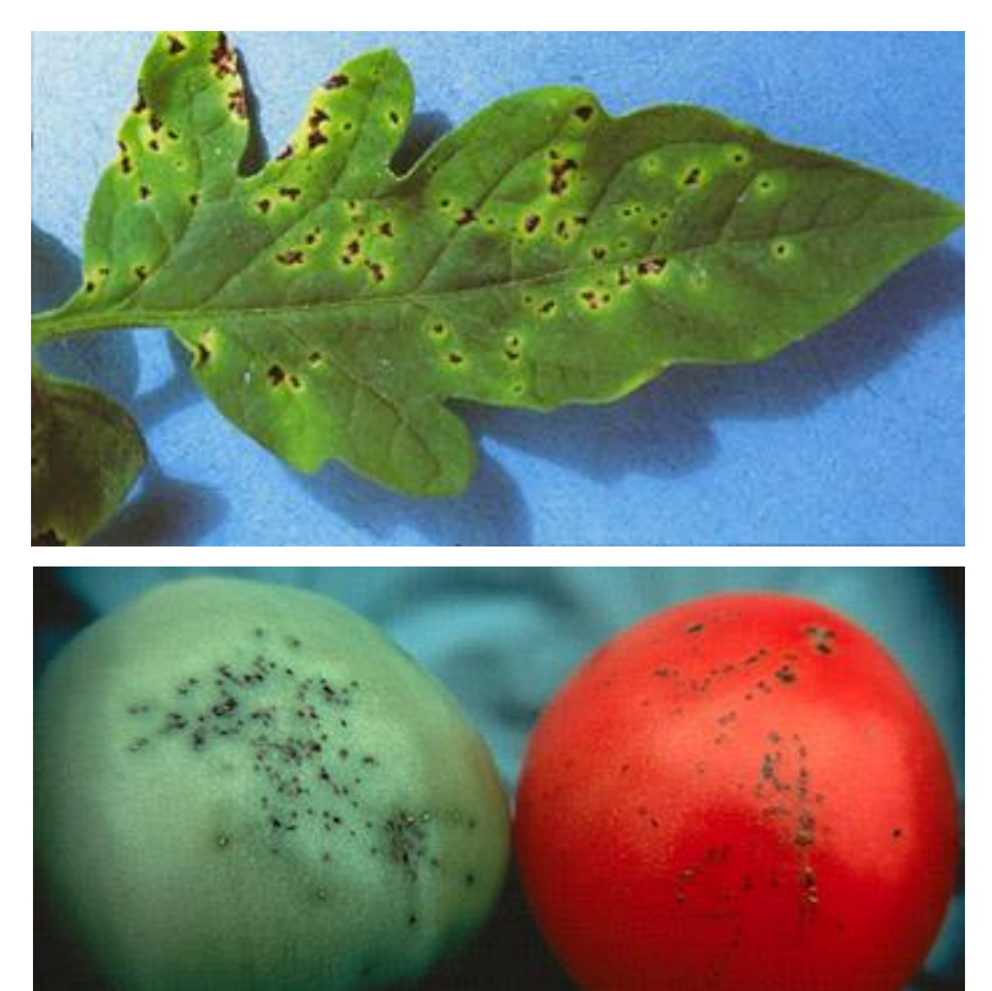
Bacterial speck of tomato

أعراض المرض:

يصيب هذا المرض معظم الأجزاء الخضرية للنبات، فعلى الأوراق تبدو الإصابة بشكل بقع صغيرة بنية قاتمة اللون، يراوح قطرها بين 1 - 3 مم، وتحاط بهالة صفراء اللون. تتصل البقع بعضها ببعض لتشكل لطخاً غير منتظمة الشكل قاتمة اللون بخاصة على محيط الأوراق أو على الأعصاب الرئيسية لها.

تظهر على الأفرع وأعناق الأوراق بقع مائية تتحول إلى اللون البني، وتتحد هذه البقع لتشكل مساحات متصلة متطاولة على الأفرع، سطحية لا تتعمق إلى نسيج الكامبيوم أو الحزم الوعائية.

تبدو الأعراض على الثمار بشكل ندب صغيرة غير منتظمة الشكل، بنية إلى سوداء اللون ومرتفعة قليلاً عن سطح الثمرة. وقد تؤدي الإصابة إلى تأخير في نضج الثمار عند الإصابة المبكرة. أما إصابة الأزهار فتحدث أضراراً كبيرة للمحصول نتيجة سقوط أعداد كبيرة منها. وتستطيع البكتريا مهاجمة الحزم الوعائية للنبات فتسبب لها تلوناً خفيفاً (الشكل 2- 34).



الشكل 2- 34: أعراض الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas syringae* pv . *tomato* على البندورة

البكتريا المسببة:

تحدث هذا المرض البكتريا *Pseudomonas syringae* pv . *tomato*، وهي بكتريا عصوية، سالبة غرام لا تشكل كبسولة أو أبواغ، هوائية وتتميز بتخصصها الدقيق في إصابتها لمحصول البندورة فقط.

عوامل انتشار المرض Epidemiology:

تعد البندورة الملوثة خارجياً أهم مصدر من مصادر العدوى، حيث تتواجد البكتريا بتجمعات صغيرة ضمن تجاويف خاصة، وتستطيع البكتريا المحافظة على حياتها ضمن هذه التجاويف لمدة تصل إلى 20 عاماً. كما وجد أن هذه البكتريا تتواجد في التربة، وحول جذور العديد من النباتات. تحتل البكتريا سطح أوراق البندورة، وتنمو بسرعة عند توافر الظروف المناخية الملائمة، فتدخل النبات عن طريق الثغور والفتحات المائية والجروح.

وتتطلب حدوث الإصابة درجات حرارة تراوح بين 17- 25ْم ، ورطوبة نسبية أعلى من 80 %، أو توافر الماء الحر على سطح النبات.

وتختلف حساسية النبات للإصابة بالمرض باختلاف أطواره الفينولوجية، فتكون هذه الحساسية عالية في طور ثلاث ورقات، كما تكون النباتات المزروعة ضمن البيوت البلاستيكية أكثر حساسية من النباتات المزروعة في الحقل.

ينتشر المرض بوجود المطر أو الري الرذاذي، حيث تحمل القطرات المتناثرة البكتريا من التربة إلى الأجزاء الخضرية من النبات.

الأضرار الاقتصادية:

تحدث الأضرار الاقتصادية نتيجة موت النباتات الصغيرة، وقلة الإنتاج وانخفاض في قيمة الثمار المعدة للعصر أو ثمار المائدة. ونتيجة إصابة الأوراق فإن الثمار تبدو صغيرة مصابة بلسعة الشمس وغير مرغوبة للاستهلاك.

المكافحـــــة:

1- زراعة بذور خالية من البكتريا، ويتم ذلك عن طريق:

أ- زراعة النباتات المعدة للبذار في مناطق جافة، وعدم استخدام طريقة الري بالرذاذ.

ب- تعقيم البذور قبل الزراعة بالماء الساخن على درجة حرارة 50 مْ لمدة 25 دقيقة، أو48°م لمدة ساعة. وتبدي أصناف البندورة حساسية مختلفة لدرجات الحرارة، لذلك يجب اختبار هذه الحساسية قبل إجراء التعقيم.

2- إجراء المكافحة الكيميائية منذ الأطوار الأولى للنبات وعند بداية ظهور أعراض المرض باستخدام الستريبتومايسيين Streptomycin . ويمكن الاستغناء عنه بالمركبات النحاسية أو مزيج من مركب النحاس والمانيب، ويمكن إجراء رشات متناوبة من الستريبتومايسين والمركبات النحاسية.

3- اتباع دورة زراعية لمدة ثلاث سنوات لا يزرع خلالها محصول البندورة.

4- تأمين التهوية الجيدة في البيوت الزجاجية.

5- زراعـــــة أصـــــناف مقاومـــــة مثـــــلMarmade وRehovel-13 وOnt7710 وCambell28 .

التبقع البكتيري على البندورة والفليفلة

Bacterial spot of tomato

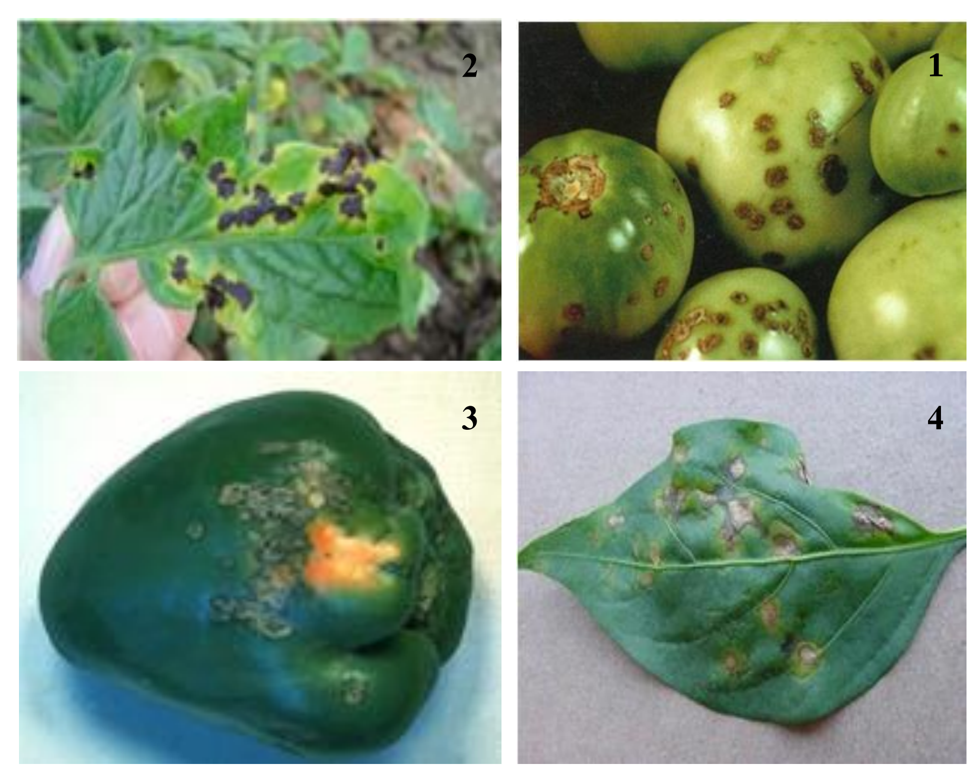
أعراض المرض:

تظهر على أوراق البندورة والفليفلة بقع مائية دائرية أو غير منتظمة الشكل، محاطة بهالة صفراء اللون، تتحول البقع إلى لون بني مائل إلى السواد، ويمكن أن تتصل البقع مع بعضها بعضاً لتشكل مساحات كبيرة ميتة على الأوراق، وقد تؤدي الإصابة الشديدة إلى تساقط الأوراق، ومن ثم تعرية النبات من أوراقه. وتظهر على الساق وأعناق الأوراق بقع متطاولة خشنة ذات شكل أجرب. ويلاحظ على الثمار بثرات دائرية أو بيضاوية الشكل بنية إلى سوداء اللون تحاط بهالة خضراء شاحبة قد يصل قطرها إلى 2 سم، وقد

تتشقق فتدخل من خلالها أحياء دقيقة أخرى تهاجم الثمار فتؤدي إلى تعفنها وتحللها (الشكل 2- 35).

المسبب المرضي:

تسبب هذا المرض البكتريا *Xanthomonas campestis* pv. *vesicatoria* ، وقد أمكن تمييز أربع سلالات منها A, B, C, D تبعاً لصفاتها الفيزيولوجية وقدرتها على إصابة بعض المضيفات النباتية، إذ تصيب بعض السلالات كلا من البندورة والفليفلة، ويصيب بعضها أحد المضيفين فقط.



الشكل 2- 35: أعراض الإصابة بالبكتريا *Xanthomonas campestis* pv. *vesicatoria* . (1) بثرات على ثمار البندورة. (2) بقع على الأوراق مع هالة صفراء حولها . (3) بثرات على ثمار الفليفلة. (4) بقع على أوراق الفليفلة.

دورة حياة المرض :

تتواجد البكتريا المسببة للمرض في البذور وعلى مخلفات النباتات المصابة، بينما لا تعيش البكتريا لفترة طويلة في التربة، كما تتواجد على جذور القمح وبعض النباتات الأخرى.

عند بدء الإصابة من البذور فإن البادرات الناتجة عنها تكون مصابة وضعيفة ومتقزمة، حيث تكون الإصابة في هذه الحالة جهازية. تنتشر البكتريا من الإصابة الأولية عن طريق ماء الري وقطرات المطر والرياح والاحتكاك بالنباتات أثناء العمليات الزراعية. وتعد الرطوبة العالية ودرجة الحرارة المعتدلة من أكثر العوامل المشجعة على انتشار المرض.

المكافحة :

1- استخدام بذور خالية من البكتريا.

2- معاملة البذور بحمض الخل (0.8 لمدة 24 ساعة)، أو بحمض كلور الماء (5 % لمدة 5- 10 ساعات).

3- استخدام أصناف مقاومة.

4- رش النباتات بمزيج من المركبات النحاسية والمانكوزيب.

مرض العفن الحلقي على البطاطا Ring rot of potato

أعراض المرض:

تظهر أعراض المرض الخارجية على النبات في فترة متأخرة من فصل النمو (80 – 120 يوماً بعد الزراعة)، حيث تصفر الأوراق وتلتف حول عروقها الوسطى، كما يظهر ذبول جزئي أو كلي لبعض الأوراق والوريقات، إذ يبدأ من الأوراق السفلى ثم يتجه نحو الأعلى. وعند قطع ساق النبات المصاب فوق منطقة الإصابة، يلاحظ خروج إفرازات بكتيرية عند الضغط عليه. وتؤدي إصابة أجزاء النبات الهوائية إلى انتقال البكتريا نحو ساق النبات، وبالتالي إلى الدرنات التي تظهر عليها أعراض مختلفة، حيث تظهر الحلقة الوعائية وبعض الأنسجة المحيط بها بيضاء إلى كريمية اللون، صفراء أو بنية شاحبة (الشكل 2- 36)، وتمتد منطقة التعفن حتى لب الدرنة، وبتقدم الإصابة تنفصل الأنسجة الخارجية للحلقة الوعائية عن الأنسجة الداخلية، وقد تخرج البكتريا من المنطقة الوعائية، ملونة جلد الدرنة باللون البني المحمر، كما يلاحظ تشققات عميقة غير منتظمة الشكل على الدرنة، تدخل ضمنها أحياء دقيقة أخرى محدثة العفن الطري على الدرنات الذي يخفي الأعراض الأساسية للمرض.

وبائيات المرض Epidemiology:

يعد انتشار مرض العفن الحلقي من نبات إلى آخر قليل الحدوث حقلياً، وقد دلت التجارب أن بعض الحشرات كخنفساء كولورادو *Leptinotarsa decemlineala* تقوم بنقل البكتريا المسببة، كما يتم انتقال البكتريا عن طريق احتكاك جذور النبات بعضها ببعض، أو انتقال البكتريا مع مياه الري، ويحدث معظم التلوث عند احتكاك درنات البذار مع الأدوات والآلات الملوثة كصناديق وأكياس التعبئة الملوثة، وآلات تصنيف الدرنات التي تبقى ملوثة لمدة تصل إلى ستة أشهر على الأقل، وتساهم السكاكين أثناء تقطيع الدرنات المعدة للزرع في نشر الإصابة، فقد وجد أن سكيناً واحداً مستخدماً في تقطيع درنة مصابة

ينقل المرض إلى 20 أو 30 قصعة قسمت من درنات سليمة. وتعطي الدرنات المصابة المتبقية في الحقل من المحصول السابق نباتات مريضة تكون مصدر عدوى لمحصول لاحق. وعند نمو النبات، يمكن للبكتريا أن تمر من الدرنات الأم المصابة إلى الدرنات الجديدة (البنت) عبر الأوعية الناقلة في الساق المنطمرة إلى الحلقة الوعائية للدرنات الحديثة.

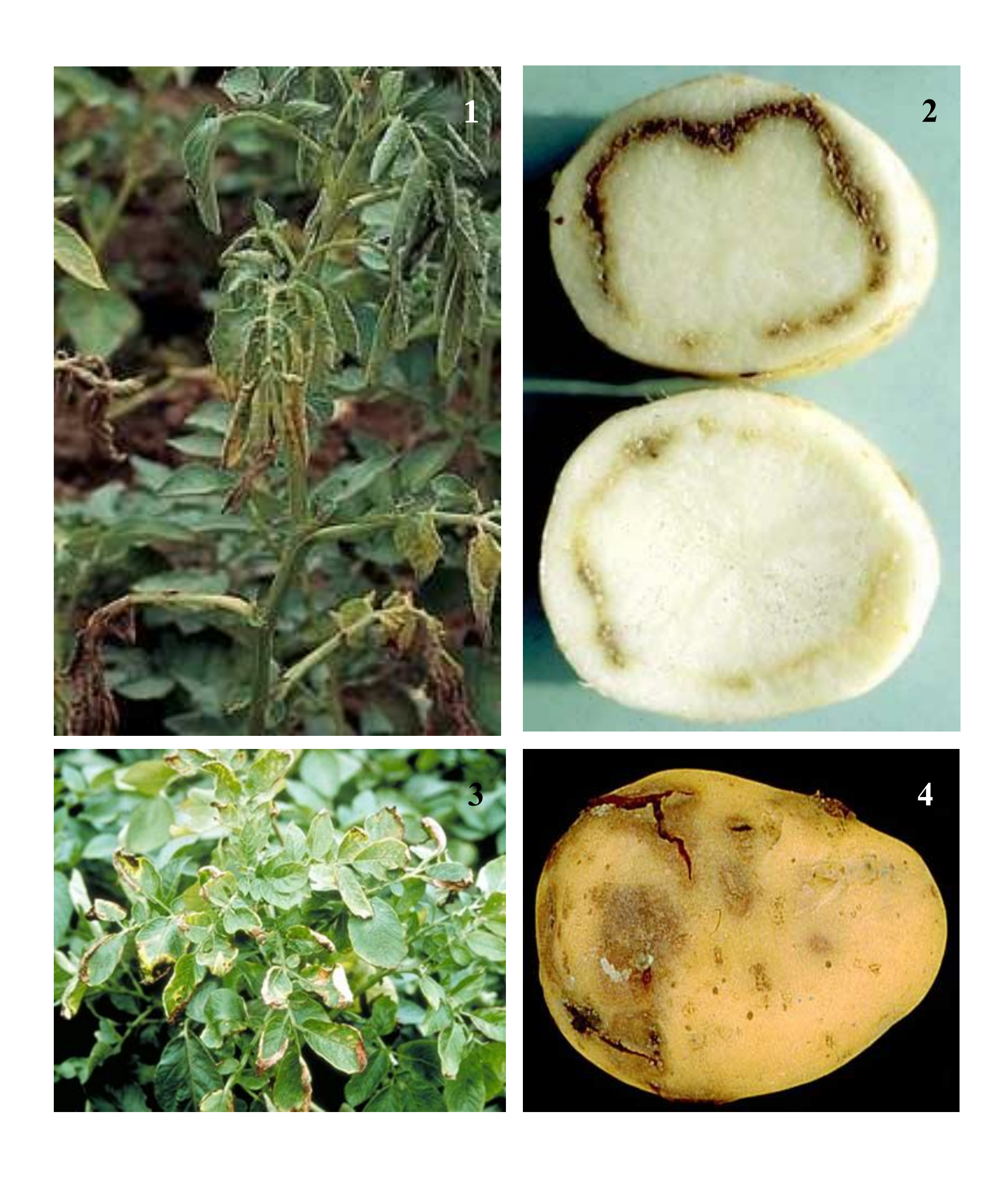
تتوقف سرعة انتشار المرض على عوامل الوسط، كدرجة الحرارة والرطوبة والعوامل الفيزيولوجية للدرنة بالإضافة إلى الصنف. وفي حالة الإصابة الخفيفة، فإن ظهور أعراض المرض على النبات يستلزم انتقال البكتريا عبر جيلين كاملين.

المسبب المرضي:

يسبب مرض العفن الحلقي على البطاطا البكتريا *Clavibacler michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Corynebacterium sepedonicum*)، وهي بكتريا عصوية غير متحركة، أبعادها 1.2 – 6 x 0.4 – 0.6 ميكرمتراً، موجبة غرام. لاتنمو على درجة 37 مْ، ولاتفرز صبغات صفراء اللون. يصعب عزلها على الأوساط المغذية لبطء نموها، فهي تحتاج إلى خمسة أيام على الأقل حتى تبدأ بالظهور، وهذا ما يؤدي إلى تغطيتها بمستعمرات البكتريا الرمية السريعة النمو، وتراوح درجة الحرارة الملائمة لنموها بين 24- 27ْم.

التوزع الجغرافي والأهمية الاقتصادية للمرض:

انتشر مرض العفن الحلقي على البطاطا حتى العشر سنوات الأخيرة في الدول الإسكندنافية وفنلندا ودول الإتحاد السوفيتي السابق، وقد وصلت نسبة الفقد في الإنتاج إلى 10-15%، كما يسبب هذا المرض أيضا أضراراً اقتصادية في وسط وغرب أوروبا، وكذلك في شمال أمريكا وأوسطها وجنوبها.



الشكل 2- 36: أعراض الإصابة بالبكتريا *Clavibacler michiganensis* subsp. *sepedonicus* .
(1) ذبول النباتات. (2) تلون الحلقة الوعائية للدرنات باللون الكريمي أو البني مع ظهور إفرازات بكتيرية. (3) احتراق واصفرار على اوراق البطاطا. (4) تلون سطح الدرنات وتشققها.

تتجلى أضرار المرض الاقتصادية على البطاطا بالفقد الناتج عن تعفن الدرنات في الحقل والمخزن، ونقص في الإنتاج بسبب ذبول النباتات، وقد تحدث خسائر اقتصادية أثناء تصدير الدرنات المعدة للبذار والتي تتطلب شهادات صحية لتضمن سلامتها من المرض، إذ يؤدي اكتشاف تلوث أي عينة بالمرض إلى الرفض من قبل الدولة المستوردة وبالتالي تتحمل الدولة الخسائر وتكاليف عودة الدرنات المرفوضة كون المرض مسجلاً في قائمة أمراض الحجر الزراعي.

المكافحة :

1- زراعة درنات بطاطا سليمة كانت مزروعة في حقول خالية من المرض.

2- تفادي حدوث الجروح أثناء جمع المحصول.

3- تعقيم الأدوات المستخدمة أثناء الزرع بالماء الساخن، أو بسلفات النحاس بمعدل 1 كغ سلفات النحاس إلى 40 ليتر ماء، كما تغمس سكاكين تقطيع الدرنات بالكحول وتمرر على اللهب.

4- اتباع دورة زراعية لمدة 5 سنوات لا تزرع خلالها نباتات تابعة للعائلة الباذنجانية.

5- وضع درنات البطاطا المستخدمة للبذار في صناديق أو أكياس جديدة.

6- استخدام أصناف مقاومة أو متحملة للمرض.

مرض العفن البني على البطاطا

Brown rot disease of potato

يطلق على هذا المرض عدة تسميات حسب العائل المصاب أو المكان أو البلد المنتشر فيه، فهو يسمى بالعفن البني عندما يصيب محصول البطاطا، ويطلق عليه اسم الموكو عندما يصيب أشجار الموز، أو بالذبول عندما يصيب أحد المحاصيل الأخرى التابعة للعائلة الباذنجانية.

أعراض المرض:

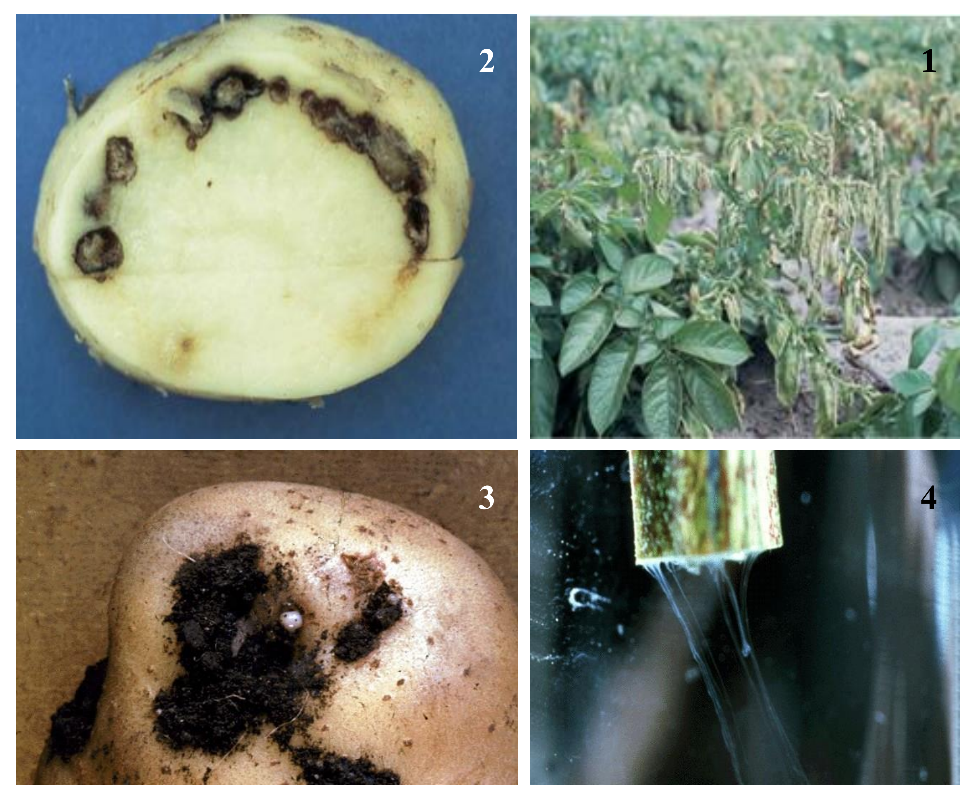
على البطاطا: تظهر أولى أعراض المرض على شكل ذبول للأوراق عند قمة النبات خلال النهار، حيث تكون درجة الحرارة مرتفعة، ثم يعود النبات إلى حالته الطبيعية ليلاً. يتحول بعدها الذبول المؤقت إلى ذبول دائم. كما يتلون ساق النبات باللون البني على شكل خط طولي بدءاً من سطح التربة ويمتد نحو الأعلى. وعند قطع ساق النبات عرضياً يظهر منها إفرازات بيضاء اللون تخرج من الحزم الوعائية. يزداد خروج الإفرازات عند الضغط على الساق المصاب أو ثنيه.

يلاحظ على الدرنات المصابة عند قطعها عرضياً تماوت في نسيج الحلقة الوعائية، ويمكن أن تخرج منه إفرازات تشبه معجون الأسنان عند الضغط عليها، ويمكن أن تمتد المنطقة الميتة من الدرنة نحو الأنسجة البارانشيمية بمعدل 0.5 سم في كل اتجاه من الحلقة الوعائية، وقد تتلون الأنسجة الوعائية باللون البني. كما قد تخرج الإفرازات من عيون الدرنات أو منطقة اتصال الدرنة بالساق مما يسبب التصاق حبيبات التربة عليها (الشكل 2- 37). وقد لوحظ أن النباتات التي تظهر عليها أعراض ظاهرية تعطي درنات مصابة ودرنات سليمة، أما النباتات التي لا تظهر عليها أعراض ظاهرية فيمكن أن تعطي درنات تحمل البكتريا أيضاً.

المسبب المرضي والمجال المضيفي :

تتسبب أمراض الذبول على الباذنجانيات عن البكتريا *Ralstonia solanacearum* وهي بكتريا عصوية، يراوح طولها بين 0.5 – 1,5 ميكروناً ، سالبة غرام ، ومتحركة بوساطة هدب واحد قطبي. لا تفرز صبغات وميضية (no fluorescent)، وقابلة للصبغ بأسود السودان الذي يميزها من البكتريا *Erwinia carotovora*. يمكن تمييز خمسة طرز بكتيرية بحسب صفاتها البيوكيميائية (Biovar)، كما تم تمييز خمسة طرز بحسب قدرتها على إصابة مضيفات مختلفة (Race). وقد لوحظ أن الطراز الممرض الثالث يمثل الطراز البيوكيميائي الثاني Biovar2. ينتشر الطراز Race 1 في المناطق

الاستوائية من العالم، ويصيب نباتات التبغ والعديد من نباتات العائلة الباذنجانية والعائلات الأخرى، ودرجة الحرارة المثالية للمرض حوالي 35 مْ. ينتشر Race2 في المناطق الجنوبية من أفريقيا، وهو يصيب أشجار الموز مسبباً لها ما يسمى بمرض الموكو. ينتشر Race3 في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية والمعتدلة، وهو يصيب البطاطا والبندورة وأحياناً *Pelargonium zonale* والباذنجان والفليفلة وبعض أعشاب العائلة الباذنجانية، ويحتاج هذا الطراز إلى درجة حرارة حوالي 27 مْ وهو يمثل الطراز البيوكيميائي Biovar2. يصيب Race4 الزنجبيل ginger ويصيب Race5 (Biovar 5) أشجارالتوت *Morus*.



الشكل 2- 37: أعراض الإصابة بالبكتريا *Ralstonia solanacearum* على البطاطا. (1) ذبول النبات في الحقل. (2) تلون الحلقة الوعائية في الدرنات باللون البني. (3) خروج إفرازات بكتيرية من عيون الدرنات والتصاق التراب عليها. (4) خروج إفرازات من ساق مقطوعة وضعت في كأس ماء.

الانتشار الجغرافي والأهمية الاقتصادية:

تشكل البكتريا *Ralstonia solanacearum* عائقاً كبيراً أمام انتشار زراعة العديد من النباتات التابعة للعائلة الباذنجانية في المناطق الاستوائية والمعتدلة. وقد سجلت أكبر الخسائر الاقتصادية على محاصيل البطاطا والتبغ والبندورة في الولايات المتحدة الأمريكية وأندونيسيا والبرازيل وكولومبيا وجنوب أفريقيا. وقد بلغت نسبة الخسائر في الفلبين في الأعوام 1966- 1968 نحو 15% على البندورة و 10% على الباذنجان و5% على التبغ. كما أصيبت نصف أشجار الموز في البيرو وحوض الأمازون. وفي الهند يحدث فقد كامل لإنتاج البندورة في بعض السنوات. وقد سجل انتشار المرض أيضا في كل من مصر وفلسطين ولبنان وتركيا وفي بعض الدول الأوروبية.

وبائيات المرض Epidemiology:

تعد درنات البطاطا الملوثة أهم مصدر من مصادر العدوى حيث تكون فيها البكتريا بحالة كامنة دون أن تسبب أية أعراض . كما تعيش البكتريا المسببة للمرض في التربة ومياه الري والصرف نظراً لوجود أعشاب تنمو على ضفافها حيث تتكاثر البكتريا عليها دون أن تسبب لها أضراراً، فتشكل بذلك مصدر عدوى دائماً إذا ما استخدمت مياهها في الري. وتشكل الأعشاب البرية مضيفات ثانوية تنموعليها البكتريا ببطء فتشكل جسراً تعبر عليه إلى المحاصيل الاقتصادية.

تدخل البكتريا النبات عن طريق الجروح التي تحدث على الجذور والساق أو من خلال الثغور، حيث تنتقل بعدها إلى الأوعية الناقلة.

تزداد الأضرار الناتجة عن المرض عندما تكون درجة حرارة الطقس تراوح بين 24-27 مْ. ونادراً ما يتواجد في المناطق التي تنخفض فيها درجات الحرارة خلال فصل الشتاء إلى ما دون 10مْ . هذا وتزيد رطوبة التربة العالية والطقس الرطب أو الماطر من

شدة المرض، وتقل حدة المرض في الطقس الجاف، كما يزداد انتشار المرض في الترب الرملية والطينية.

المكافحة :

زراعة درنات خالية من البكتريا، والتخلص من الأعشاب والنباتات التي تنمو عليها البكتريا، واتباع دورة زراعية مدتها 4- 5 سنوات، واستخدام أصناف مقاومة، وتجنب الري السطحي الزائد.

مرض العفن الطري على البطاطا Soft rot disease of potato

أعراض المرض:

تهاجم البكتريا المسببة للمرض أنسجة معظم النباتات إذا توافرت لها الظروف الملائمة، لأنه لا يوجد تخصص في إصابة نبات ما دون آخر، ولكن لوحظ أن شراسة هذه البكتريا كبيرة عند إصابة مضيفها الأساسي، بينما يكون تأثيرها أقل في حال مهاجمة المضيفات الثانوية.

يبدو على النباتات المصابة تحلل في الأنسجة نتيجة تحلل الصفائح الوسطى للخلايا، خاصة عند إصابة الدرنات، حيث يظهر على سطح الدرنة بقع رمادية غائرة لينة متحللة، ويمتد تحلل النسج نحو الداخل، ويرافق تحلل الأنسجة خروج سوائل عديمة الرائحة في البداية، ثم تصبح رائحتها كريهة عند مهاجمة الأنسجة من قبل أحياء دقيقة أخرى.

المسبب المرضي:

ينتج مرض العفن الطري عن البكتريا *Pectobacterium carotovorum* var. *carotovora* (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) ، وهي بكتريا لاهوائية اختيارياً، وسالبة غرام، ولا تكون أبواغ، وهي قادرة على إفراز كميات كبيرة من الإنزيمات المحللة للبكتين، فتؤثر في الصفائح الوسطى للخلايا، مسببة تفكك وتحلل الأنسجة. كما تستطيع بكتريا أخرى مثل *Pectobacterium atrosepticum* (*Erwinia carotovra* subsp. *atroseptica*) و *Dickeya chrysanthemi* pv. *chrysanthemi* (*Erwinia chrysanthemi*) أن تحدث أعراضاً مشابهة.

وبائيات المرض Epidemiology:

تمضي البكتريا فترة الشتاء على بقايا النباتات، أو على المضيفات الثانوية، وحول جذور بعض الأعشاب، وعلى سطح الدرنات المصابة، ويعد توافر الماء الحر على سطح درنات البطاطا المخزنة أو على النباتات الأخرى، أحد العوامل المساعدة على انتشار وتطور المرض، حيث يزيد من حساسية الأنسجة للتعفن عن طريق استهلاك الأوكسجين في الدرنات، وهذا ما يسمح بارتشاح السوائل عبر جدر الخلايا إلى الفراغات بين الخلوية، مما يسمح بتكاثر البكتريا ونموها، ومن ثم تعفن وتحلل الأنسجة المصابة.

المكافحة:

لايوجد طرائق لمكافحة المرض عند ظهوره في الحقل، لذلك يجب اتباع الخطوات الصحية اللازمة قبل الزراعة:

1- اتباع دورة زراعية مناسبة للتقليل من أعداد البكتريا في الحقل.

2- التخلص من بقايا المحصول السابق في الحقل.

3- العناية بتهوية المخازن لتقليل تكوين غشاء مائي حول الدرنات.

مرض الساق السوداء على البطاطا

Black leg disease on potato

أعراض المرض:

تبدأ أعراض المرض في بعض الأحيان بفشل الدرنات المزروعة عن الإنبات، إلا أن الأعراض الأساسية للمرض تظهر بعد نحو شهرين من الزراعة قبل أن تغطي النباتات سطح التربة. حيث تبدو النباتات صغيرة الحجم، ذات أوراق خضراء شاحبة أو صفراء اللون ملتفة، ثم تتلون بلون بني أو أسود. ويزداد تقدم المرض في الظروف الرطبة مما يسبب ذبول النباتات (الشكل 2- 38).

وفي المخزن، تصبح الدرنات لينة، ويحمر لونها تدريجياً، ثم تتحول إلى اللون البني فالأسود عند ملامستها الهواء. كما تخرج من الدرنات المصابة رائحة منفرة كريهة.

ليس للمرض أهمية كبيرة في الحقل حيث لا تتجاوز نسبة الإصابة 5% ، إلا في بعض الحالات النادرة، ولكن إذا ما وصلت إلى هذه النسبة فإن أضراراً كبيرة يمكن أن تحدث وتتطور أثناء تخزين الدرنات.

المسبب المرضي:

يتسبب مرض الساق السوداء على البطاطا عن البكتريا *Pectobacterium atrosepticum (Erwinia carotovra* subsp. *atroseptica)*، وهي بكتريا لاهوائية اختيارياً، تحلل البكتين، وسالبة غرام. تحدث هذه البكتريا مرض الساق السوداء عندما تكون درجات الحرارة منخفضة. أما انتشار المرض في المناطق الدافئة، فيحدث غالباً نتيجة الإصابة بالبكتريا *E. carotovora* subsp. *carotovora*، وتساهم البكتريا *E. chrysanthemi* بنسبة قليلة في إحداث المرض أثناء التخزين. ويمكن التمييز بين الأنواع البكتيرية الثلاثة بإجراء الاختبارات البيوكيميائية.



الشكل 2- 38: أعراض الإصابة بمرض العفن الطري والساق السوداء على البطاطا. (1) اسوداد ساق البطاطا فوق سطح التربة. (2) تلون بني لساق البطاطا ابتداءً من الدرنة المزروعة باتجاه الأعلى. (3) تلون سطح الدرنة باللون الكريمي. (4) تحلل النسيج الداخلي للدرنة.

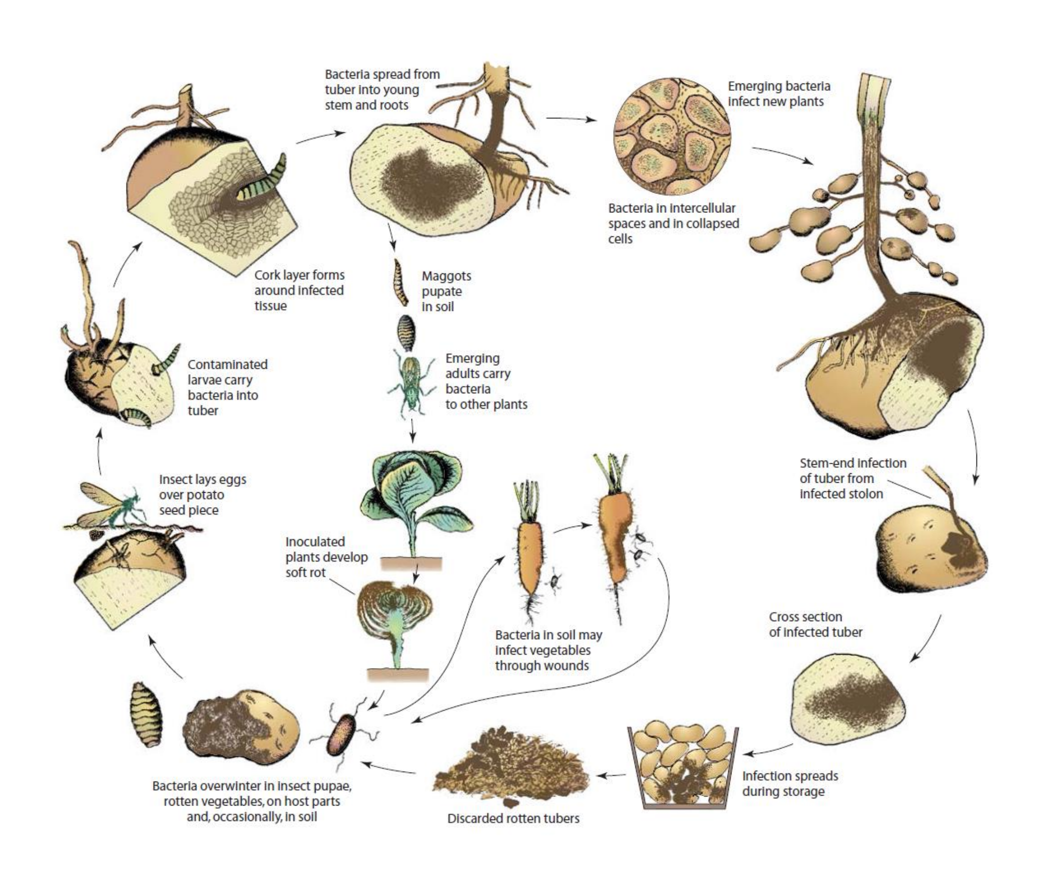
دورة حياة المرض وعوامل انتشاره:

تحدث الإصابة الحقلية نتيجة توافر مصادر العدوى المختلفة، كاستخدام درنات تبدو سليمة ظاهريا لكنها ملوثة بالبكتريا، وترك بعض الدرنات المصابة في الحقل من

المحصول السابق، حيث تتحلل هذه الدرنات وتتحرر البكتريا منها إلى التربة فتلوث الدرنات الحديثة، إذ تنتقل هذه البكتريا بوساطة مياه الري أو بوساطة بعض الحشرات Drosophile . هذا وتمر الدرنات بعد جني المحصول وأثناء التخزين بمرحلتين:

أ- قد تبقى ظاهرياً سليمة وبالتالي تشكل مصدر عدوى أولياً أثناء زراعتها في الموسم التالي.

ب- قد تنمو البكتريا وتتطور أثناء فترة التخزين، فتسبب عفناً طرياً للدرنات يختلف في شدته حسب شروط التخزين المستخدمة.



الشكل 2- 39 : دورة حياة مرض الساق السوداء على البطاطا

المجال المضيفي للمرض:

يصيب هذا المرض بشكل أساسي محصول البطاطا، كما يهاجم نباتات أخرى تابعة للجنس *Delphinum* ، وكذلك الشوندر واللفت والفاصولياء وغيرها.

المكافحة:

1- استخدام أصناف مقاومة أو أصناف ذات حساسية ضعيفة للمرض.

2- ترك الدرنات في الهواء حتى تجف قبل تخزينها.

3 - التحكم بدرجات الحرارة والتهوية أثناء التخزين لتفادي تكوين غشاء مائي على سطح الدرنات المخزنة.

4- إذا ظهرت بعض الدرنات المصابة في المخزن، فيجب استبعادها مباشرة.

5- اتباع دورة زراعية مناسبة مدتها 3- 4 سنوات.

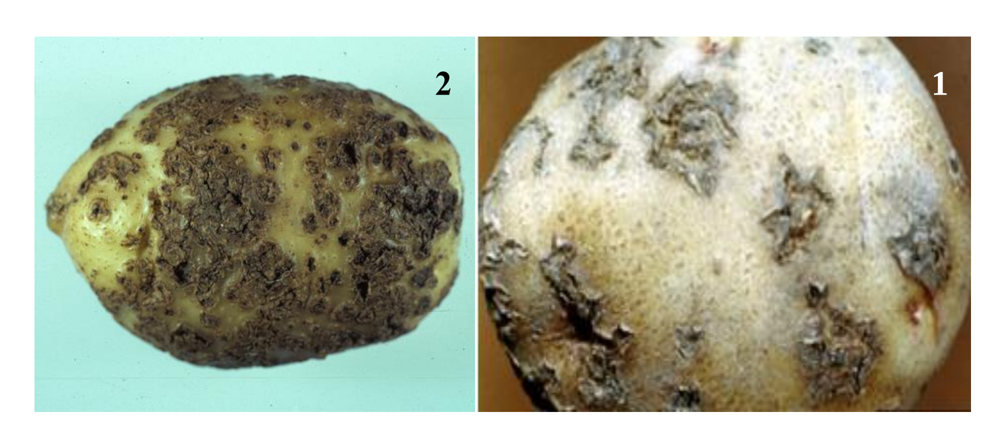
6- استخدام درنات سليمة في الزراعة، ويتم ذلك بمراقبة حقول الإكثار وفحص الدرنات.

7- تجنب تقطيع الدرنات أثناء الزراعة، وإذا كان لابد من ذلك فيجب تطهير أدوات التقطيع بالكحول، وترك الدرنات المقطعة لمدة 3- 4 أيام قبل الزراعة، وذلك ليتم التئام جروح التقطيع وتكوين طبقة متفلنة تمنع نفوذ البكتريا.

جرب البطاطا الشائع Common scab of potato

أعراض المرض:

تظهر أشكال مختلفة من الجرب تبعاً لدرجة مقاومة الصنف وسلالة البكتريا، فقد يلاحظ جرب سطحي على درنة البطاطا يتميز بندب صغيرة غير منتظمة مع حافة خشنة الملمس بنية تتعمق داخل نسيج الدرنة حتى 3- 4 مم، كما قد يلاحظ ارتفاع حافة النسيج المصاب، وقد تتصل البقع مع بعضها على نفس الدرنة، فيتشوه مظهرها، وتصبح غير قابلة للتسويق أو تنخفض قيمتها التسويقية (الشكل 2- 40). كما قد تتشابه هذه الأعراض مع أعراض ناتجة عن الإصابة بالفطور مثل *Spongospora subterranea*.



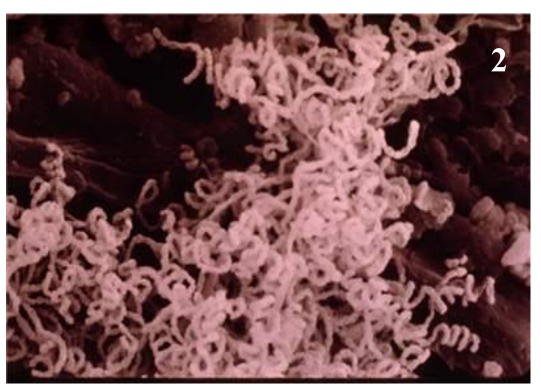
الشكل 2- 40: أعراض الإصابة بمرض جرب البطاطا الناتج عن البكتريا *Streptomyces scabies*. .
(1) بثرات الجرب على درنة البطاطا. (2) شدة الإصابة على الدرنة.

المسبب المرضي:

تسبب هذا المرض البكتريا *Streptomyces scabies* ، وهي بكتريا ذات شكل خيطي، تشكل مشيجة وخيوط تشبه مشيجة الفطور لذلك صنفت سابقاً ضمن الأمراض الفطرية، إلا أن عرض الخيط فيها أصغر منه في الفطور (0.5–2.0 µm) (الشكل 2-41)، يشكل الميسليوم أبواغ أسطوانية أبعادها 0.5 – 1.5 ميكروناً. وهي بكتريا موجبة غرام،

والنسبة المئوية لـ G-C تساوي 71% . تم تمييز عدة سلالات صنفت حديثاً كأنواع مستقلة.



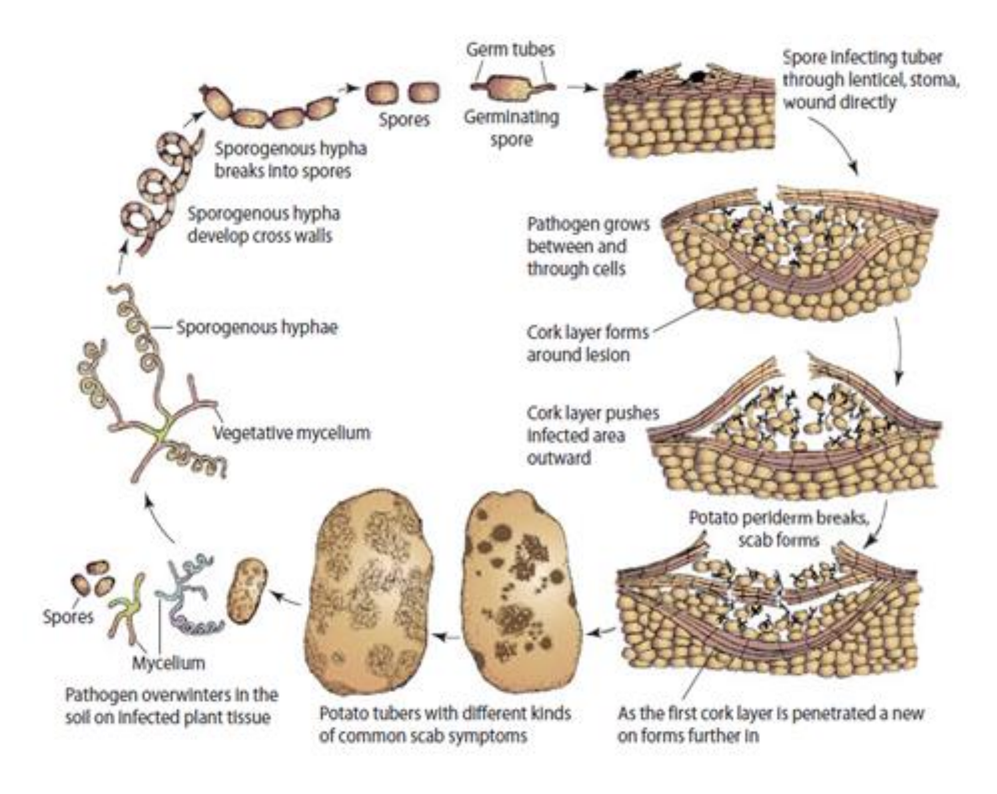


الشكل 2-41: (1) شكل مستعمرات البكتريا *Streptomyces scabies* على وسط الزرع. (2) الشكل الخيطي الحلزوني لهيفات البكتريا.

عوامل انتشار المرض:

تعيش البكتريا في التربة وفي مخلفات المحصول، وتدخل النبات من خلال الفتحات الطبيعية والجروح، تنمو البكتريا في الفراغات بين الخلايا البرانشيمية التي لا تلبث أن تتخرب، بينما تستمر الخلايا السليمة بالنمو فتشكل طبقة متفلّنة تفصلها عن الخلايا التالفة. وتشكل بثرات الجرب على الدرنات منافذ لأحياء دقيقة أخرى تدخل إلى الأنسجة السليمة فتؤدي إلى تعفنها. تزداد الإصابة بمرض الجرب في الترب القلوية وفي المناطق الجافة. وينتشر الممرض عن طريق مياه الري، وحبيبات التربة المحمولة بالرياح، وكذلك عن طريق درنات البطاطا المستخدمة في الزراعة (الشكل 2- 42). تكون الدرنات الفتية أكثر حساسية من الدرنات الأكبر عمراً. وتختلف شدة المرض بحسب درجة pH التربة، فهي تزداد كلما ارتفع من 5.2- 8، وتقل شدة المرض كلما انخفض pH التربة ضمن هذا المجال. كما تقل شدة المرض كلما ازدادت رطوبة التربة أثناء تشكل الدرنات، وعند اتباع دورة زراعية لمدة أربع سنوات على الأقل، وكذلك بعد حراثة التربة من أجل

التسـميد الخضــري، وقـد يعـود هـذا الانخفـاض إلــى تــوفر الكائنــات المضــادة للبكتريــا الممرضة.



الشكل 2- 42: دورة حياة مرض جرب البطاطا المتسبب عن البكتريا *Streptomyces scabies*

المكافحة :

يتم تجنب حدوث المرض باستخدام درنات بطاطا مرفقة بشهادة صحية تؤكد خلوها من المرض، أو معالجتها بـ Pentachloronitrobenzene (PCNB) أو بمسحوق المانيب والزنك Maneb–zinc. وإذا كانت التربة موبوءة بالمرض، فيجب اتباع دورة زراعية، والعمل على تخفيض pH التربة حتى 5.3 بإضافة الكبريت للتربة، والري المتكرر أثناء تشكل الدرنات، وكذلك باستخدام أصناف متحملة للمرض.

مرض اللفحة البكتيرية على التبغ Wild fire of tobacco

أعراض المرض:

يصيب المرض البادرات الصغيرة في المراقد، فتتعفن أوراقها الصغيرة، ثم ينتشر المرض إلى النباتات كافة في المرقد. تظهر الأعراض على النباتات الكبيرة بشكل بقع صغيرة دائرية خضراء مصفرة بقطر 3- 6 مم، لا يلبث نسيج الورقة أن يموت في مركز هذه البقع، فيصبح لونها بنياً أو أسود، وتحاط بهالة صفراء (2-43). تؤدي الإصابة الشديدة إلى التفاف أوراق النبات وتشوهها وسقوطها قبل أن تنضج. تفرز بعض البكتريا السم تاب توكسين Tabtoxin مما يؤدي لظهور هالة صفراء حول منطقة التماوت على الورقة، ويوجد سلالة أخرى لا تفرز هذا السم، وبالتالي لا يلاحظ ظهور هذه الهالة الصفراء أو تشكل هالة صغيرة.





الشكل 2- 43: تبقع أوراق التبغ مع هالة صفراء ناتجة عن الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*

المسبب المرضي:

ينتج المرض عن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*، وقد أمكن تمييز طرز فسيولوجية منها تصيب بعض الأصناف المقاومة للمرض. تفرز البكتريا السم

Tabtoxin الذي يؤدي إلى اصفرار حول مناطق الإصابة . تسبب البكتريا فرط حساسية على كل من أوراق البندورة والفليفلة.

وبائيات المرض Epidemiology:

تعد البذور المصابة، وبقايا المحصول السابق، وبعض الأعشاب الحساسة للمرض مصادر عدوى، تنتشر منها البكتريا لتصيب النباتات في المشاتل، وكذلك في الحقل، وتشجع الإصابة العوامل الجوية كانخفاض درجات الحرارة، والطقس الرطب، والرياح القوية. تصيب البكتريا المسببة للمرض العديد من النباتات التابعة للعائلة الباذنجانية، فقد وجدت على أكثر من 46 نوعاً تابعاً للجنس *Nicotina*.

المكافحة:

1- تعقيم صناديق الإنبات.

2- معاملة التربة المستخدمة للإنبات بالبخار الساخن.

3- معاملة المشاتل بمحلول بوردو بمعدل (40- 50) لتراً لكل 100م ^{2} وبفارق 10 - 14 يوماً بين كل معاملتين قبل ظهور النباتات.

4- رش النباتات المصابة بـ 200 جزء بالمليون من الستريبتوماسيين لوقف انتشار المرض.

5- زراعة أصناف مقاومة.

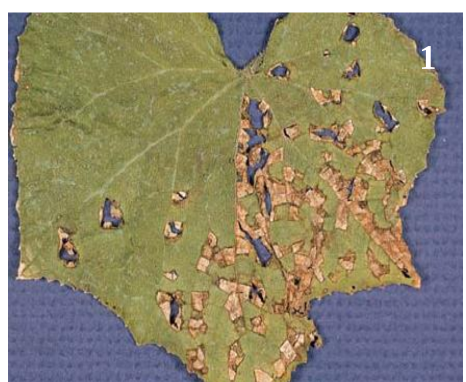
الأمراض البكتيرية على القرعيات

التبقع الزاوي على الخيار Angular leaf spot of cucumber

أعراض المرض:

تظهر الأعراض الأولية للمرض على الأوراق الفلقية للنبات، فتبدو عليها بقع مائية صغيرة دائرية وغير منتظمة الشكل. كما تظهر على الأوراق الحقيقية بقع زاوية صفراء إلى بنية اللون، تجف تدريجياً، وقد تسقط هذه الأنسجة مؤدية إلى تمزق الأوراق، كما يخرج من البقع المائية المتشكلة على ساق النبات وأعناق الأوراق، أثناء الطقس الرطب، إفرازات بكتيرية غزيرة، تبدو على شكل قطرات بيضاء، ولهذا سمي هذا المرض بمرض الدموع، وفي الطقس الجاف تجف الإفرازات فتشكل قشوراً بيضاء اللون.

وتظهر على الثمار بقع صغيرة مائية دائرية الشكل يخرج منها أثناء الطقس الرطب إفرازات بيضاء اللون شفافة. كما تصاب الأنسجة الوعائية للثمار، فتنتقل الإصابة إلى البذور. كما تتعفن الثمار نتيجة إصابتها بأحياء دقيقة أخرى (الشكل 2- 44).





الشكل 2- 44: أعراض الإصابة بمرض التبقع الزاوي على الخيار المتسبب عن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv *lachrymans* . (1) تبقعات بنية اللون وتمزق الأوراق. (2) بقع مائية على السطح السفلي للأوراق.

العامل المسبب والأهمية الاقتصادية للمرض:

يسبب مرض التبقع الزاوي على الخيار البكتريا *Pseudomonas syringae* pv *lachrymans* ، وهي بكتريا عصوية، وسالبة غرام، ولا تشكل كبسولاً أو أبواغاً. تسبب هذه البكتريا عند إصابتها النبات انخفاضاً في الإنتاج كماً ونوعاً، وهي تصيب نباتات الخيار بالدرجة الاولى، كما تصيب نباتات أخرى تابعة للعائلة القرعية مثل البطيخ.

وبائيات المرض Epidemiology:

تعد البذور المصابة أهم مصدر من مصادر العدوى، حيث تحمل بداخلها البكتريا، التي تحدث عند زراعتها في الحقل إصابة أولية تنتشر منها البكتريا لتصيب نباتات أخرى مجاورة. كما تستطيع البكتريا البقاء حية خلال الشتاء وأثناء الظروف الجوية غير المناسبة على المخلفات النباتية المصابة. ينتشر المرض في الحقل أثناء هطول الأمطار، وبوساطة أيدي العمال وأدواتهم بخاصة إذا كانت الأوراق مبللة بالماء، وقد تساهم حشرة خنفساء الخيار في نقل المرض.

المكافحـــة:

1- استخدام بذور سليمة خالية من المرض، وفي حالة الشك بتلوث البذور يجب تعقيمها بمركبات الزئبق أو معاملتها بالحرارة.

2- التخلص من بقايا النباتات المصابة بالحرق.

3- مراقبة الحقل والتخلص من الإصابة الأولية الناتجة عن إصابة البذور.

4- اتباع دورة زراعية مدتها ثلاث سنوات.

5- تجنب تكوين غشاء مائي على سطح النبات واستخدام الري بالتنقيط

6- تجنب ملامسة النباتات عندما تكون رطبة.

7- رش النباتات بالمركبات النحاسية.

8- زراعة أصناف مقاومة.

اللطخة البكتيرية على البطيخ

Bacterial blotch of watermelon

أعراض المرض:

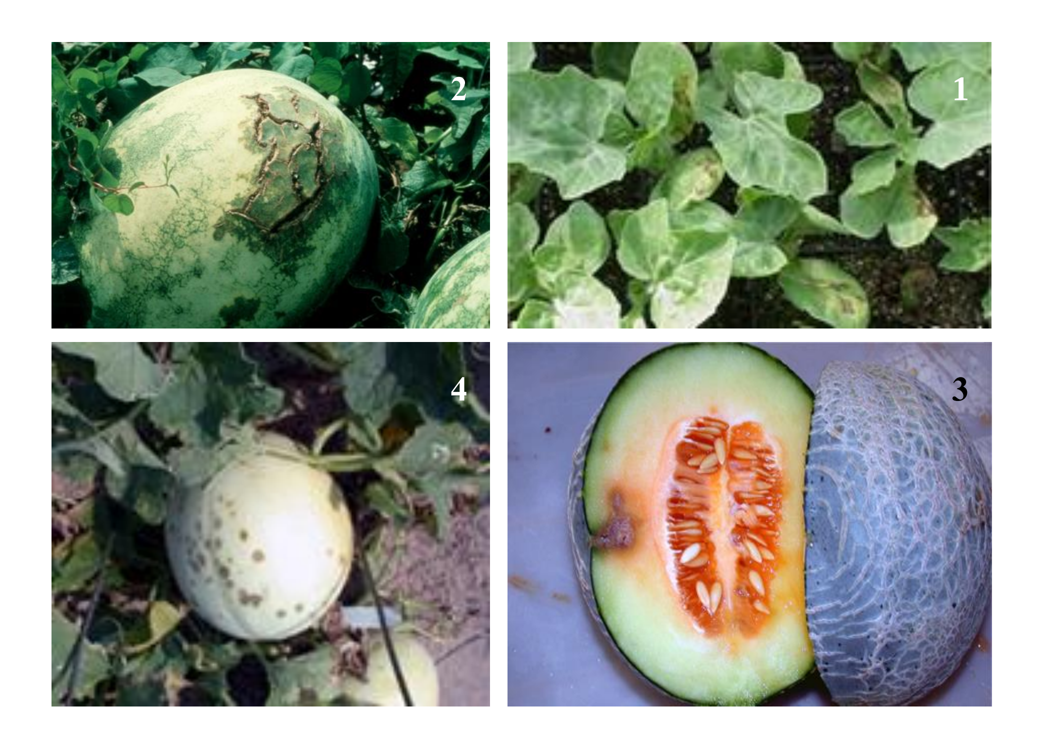
تبدو أولى أعراض المرض على شكل تماوت على السطح السفلي للأوراق الفلقية والحقيقية، حيث تكون في البداية مائية المظهر، ثم تتحول إلى اللون البني، وغالباً ما تكون هذه الأعراض لا تثير الانتباه، ولكن الأعراض المشاهدة تظهر على الثمار في فترة ما قبل النضج بقليل، حيث تظهر على قشرتها مساحات كبيرة مائية أو زيتية المظهر. تتوضع هذه اللطخ عند طرف أو جانب الثمرة، وليس عند الجزء الملامس للتربة. ويكون النسيج في البقعة المائية صلباً، كما هو في النسيج السليم عند بداية الإصابة، ولا يتعدى قشرة الثمرة، وبتقدم الإصابة يصبح النسيج المصاب بني اللون ويتشقق، ويخرج منه إفرازات صمغية، كما تسمح هذه الإفرازات بدخول أحياء دقيقة أخرى تؤدي إلى إنتاج غازات تخرج من الثمار على شكل فقاعات رغوية. ويمكن أن تؤدي إلى انفجار الثمار عندما يتحلل نسيج الثمرة الداخلي (الشكل 2- 45).

المسبب المرضي:

يتسبب هذا المرض عن البكتريا *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. وهي بكتريا سالبة غرام، وهوائية التنفس، ومتحركة بهدب واحد قطبي، أبعادها 0.5 – 0.8 × 1- 5 ميكروناً، المستعمرات محدبة ملساء صفراء قليلاً ذات حواف شفافة، وغير وميضية على بيئة KB. تصيب البكتريا الشمام والبطيخ والخيار واليقطين.

عوامل انتشار المرض:

تتواجد البكتريا في البذور، وفي بعض النباتات التي تنمو تلقائياً من حقل مصاب. إن إصابة عدد قليل من النباتات كافية لتوفير البكتريا اللازمة لإصابة الأوراق الفلقية والأوراق في مساحة كبيرة من الحقل. لا تؤدي إصابة الأوراق إلى موت النبات، لكنها توفر البكتريا اللازمة لإصابة الثمار. وتكون الثمار حساسة خلال فترة الإزهار وتشكل الثمار، وتبقى الإصابة كامنة حتى مرحلة ما قبل النضج بقليل حيث تنشط البكتريا وتبدأ بإحداث الأعراض على قشرة الثمار . تساعد الرطوبة العالية والري الرذاذي على انتشار كبير للمرض.



الشكل 2- 45: أعراض الإصابة بالبكتريا *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* على البطيخ. (1) بقع مائية على الأوراق الفتية. (2) بقع مائية وتشققات على ثمار البطيخ الأحمر. (3 و 4) بقع على سطح وداخل ثمار البطيخ الأصفر.

المكافحة :

يتم تجنب المرض من خلال زراعة بذور سليمة غير ملوثة بالبكتريا، واتباع دورة زراعية لمنع نمو النباتات المتبقية من الموسم السابق، وتجنب التنقل بين النباتات عندما تكون النباتات رطبة، واستخدام أصناف مقاومة، ورش النباتات بمركبات نحاسية.

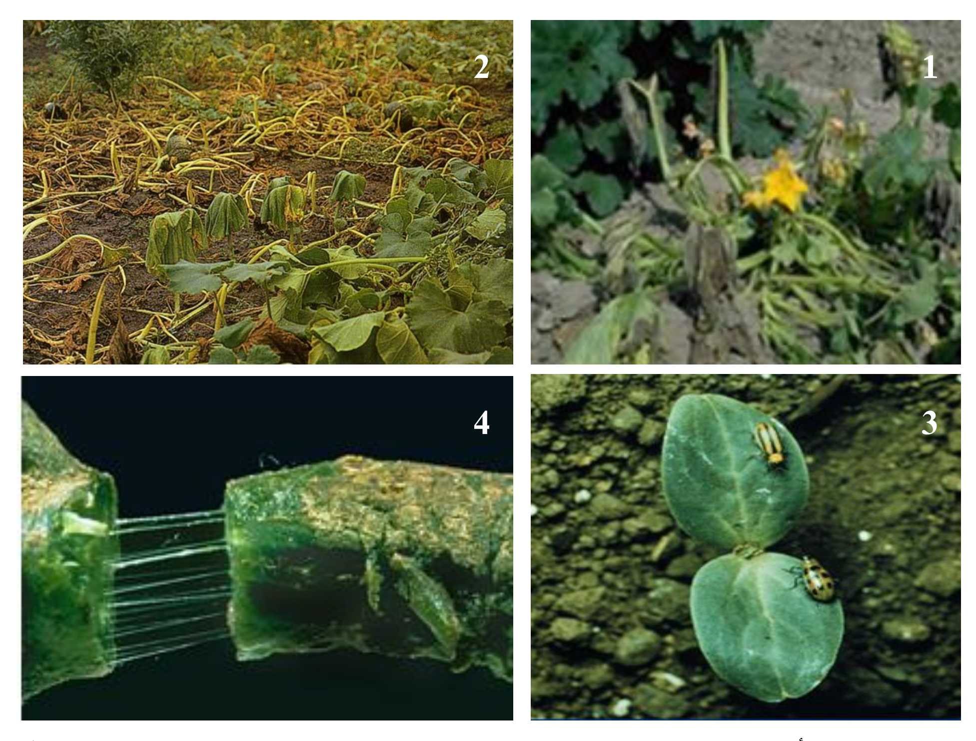
الذبول البكتيري للقرعيات Bacterial wilt of cucurbits

أعراض المرض:

يسبب المرض أضراراً كبيرة على كل من الشمام والخيار، وهو أقل ضرراً على الكوسا واليقطين، بينما يعد البطيخ الأحمر مقاوماً للمرض. تظهر أعراض المرض على شكل ذبول سريع للنبات يمكن أن يحدث في كل مراحل نمو النبات. وعند قطع ساق النبات أو معلاق ورقة يخرج منها سائل لزج يحتوي على البولي سكارايد وبروتينات تغلق الأوعية الناقلة، وهذا ما يسبب ذبول النبات. ومن طرائق تشخيص المرض حقلياً أن يتم قطع النبات، ثم بعد فترة وجيزة يتم فصل الجزئين عن بعضهما حيث يشاهد خيط رفيع مطاطي يتشكل بينهما قبل انفصاله (الشكل 2- 46).

وبائيات المرض:

ينتشر المرض عن طريق جروح ناتجة عن تغذية حشرات خنفساء الخيار، حيث تدخل البكتريا إلى الحزم الوعائية، وتتكاثر بها وتنتقل منها إلى جميع أجزاء النبات، حيث تفرز المركبات السكرية وبعض البروتينات التي تؤدي إلى إغلاق الأوعية الناقلة، ومن ثم إعاقة نقل الماء إلى الأجزاء المختلفة من النبات. وتستطيع حشرة واحدة تتغذى على نبات مصاب أن تنقل المرض إلى عدة نباتات سليمة. تظهر أولى أعراض الذبول بعد 6-7 أيام من حدوث الإصابة، بينما تظهر أعراض ذبول النبات كاملاً بعد 15 يوماً. لا تنتقل البكتريا عن طريق البذور.



الشكل 2- 46 : أعراض الإصابة بالبكتريا *Erwinia tracheiphila* على القرعيات. (1) ذبول البطيخ الأصفر. (2) ذبول نباتات الكوسا. (3) حشرة خنفساء الخيار المخططة Striped cucumber beetle والمنقطة Spotted cucumber beetle. (4) خيوط لزجة عند قطع ساق النبات المصاب.

المسبب المرضي:

يتسبب مرض ذبول القرعيات عن البكتريا *Erwinia tracheiphila* **.** تعيش البكتريا لعدة أسابيع في بقايا النبات، وتبقى حية طوال الشتاء في أمعاء حشرة خنفساء الخيار *Acalymma vittata* و *Diabrotica undecimpunctata*.

المكافحة :

أفضل طرائق المكافحة هي مكافحة الحشرات الناقلة للمرض في فترة الربيع، والتخلص من بقايا المحصول السابق، واستخدام أصناف مقاومة للمرض.

الأمراض البكتيرية على البقوليات

أمراض الفاصولياء

تصاب الفاصولياء بثلاثة أمراض هي : اللفحة الشائعة البكتيرية Common blight، وتسببها البكتريا *Xanthomonas axanopodis* pv, *phaseoli* (*X. campestris* pv. *phaseoli*)، واللفحة الهالية على الفاصولياء Halo blight of bean وتسببها البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* ، والتبقع البني البكتيري Bacterial brown spot وتسببه البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

تتشابه الأعراض الناتجة عن هذه البكتريا عند إصابة الأوراق والساق والثمار. ينتشر مرض اللفحة البكتيرية الشائعة في المناطق الدافئة، بينما ينتشر المرضان الآخران في المناطق المعتدلة والباردة.

أعراض المرض:

تظهر أولى أعراض المرض على السطح السفلي للأوراق على شكل بقع صغيرة مائية المظهر Water-soaked تزداد تدريجياً في المساحة، لا يلبث أن يموت النسيج فيها ليتحول لونها إلى البني. وقد تنتقل البكتريا إلى الأوعية الناقلة لتنتشر في الساق. في اللفحة الشائعة والبقعة البنية تحاط المناطق البنية بهالة ضيقة صفراء اللون، بينما تكون هذه الهالة كبيرة يصل عرضها حتى واحد سنتيمتر، ولهذا فقد تعطي النبات مظهر الاصفرار بسبب إفراز البكتريا للسم Phaseolotoxin.

ويلاحظ على الساق بقع مائية متطاولة غائرة تتلون باللون البني، تكبر تدريجياً وتتشقق، ويخرج منها إفرازات بكتيرية، ويكون لون هذه الإفرازات صفراء عند الإصابة بالبكتريا *Xanthomonas* ، بينما تكون بيضاء كريمية عند الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas*.

تتشكل تقرحات قريبة من العقدة الأولى للساق، وقد تحيط به في فترة تشكل القرون، مما يسبب ميل أو كسر النبات في منطقة التقرح.

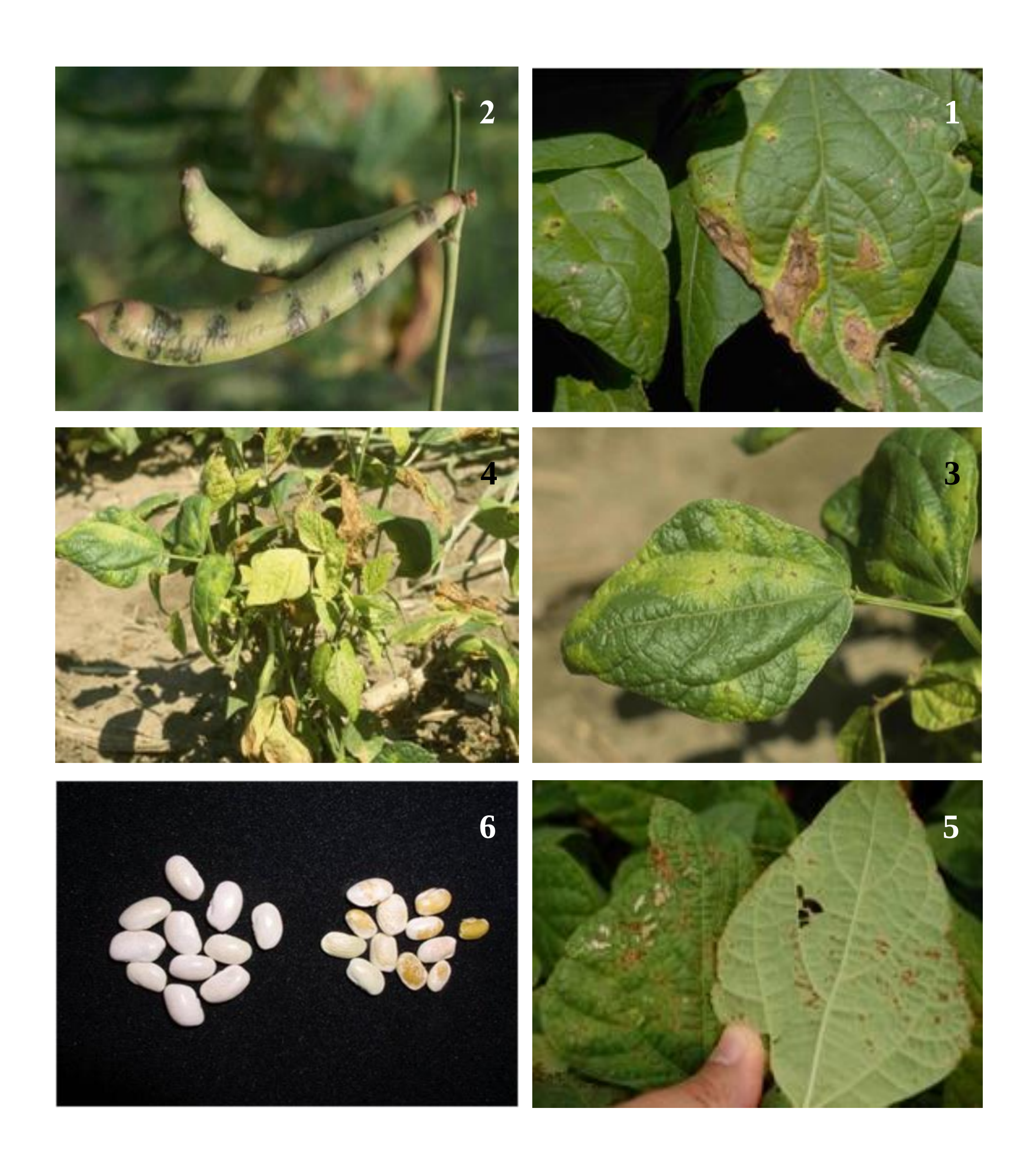
تظهر على القرون بقع مائية ذات لون أخضر زيتي تحمر تدريجياً مع ازدياد عمر القرون، وعادة ما تكون الحزم الوعائية فيها مصابة، مما يؤدي إلى نقل البكتريا إلى البذور التي تبدي أعراضاً مختلفة بحسب مرحلة الإصابة، فيمكن أن تكون ضامرة مجعدة وملونة صفراء إلى بنية.

تطور المرض :

تتواجد البكتريا في البذور، ومخلفات المحصول، حيث تصاب أولاً الأوراق الفلقية، ومنها تنتشر البكتريا إلى الأوراق، فتدخل نسيج الأوراق والحزم الوعائية حيث تصبح الإصابة جهازية، محدثة بذلك تماوتاً على الأوراق والساق، ويؤدي تكاثر البكتريا في أنسجة النبات إلى خروج إفرازات بكتيرية إلى السطح الخارجي، حيث تنتشر من جديد عن طريق الأمطار أو الندى لتدخل من جديد عن طريق الجروح او المسامات.

المكافحة:

استخدام بذار مختبر وخال من البكتريا، وزراعة أصناف متحملة أو مقاومة، وإزالة مخلفات المحصول، واتباع دورة زراعية يكون للنجيليات دور كبير فيها، ورش النباتات بمركبات النحاس أو بالمضادات الحيوية.



الشكل 2- 47: (1) أعراض اللفحة الشائعة على الفاصولياء إذ يلاحظ ضيق الهالة الصفراء. (2) أعراض الإصابة على قرون الفاصولياء. (3) اللفحة الهالية إذ يلاحظ اتساع الهالة الصفراء. (4) اصفرار النبات الناتج عن الإصابة باللفحة الهالية. (5) تماوت ناتج عن الإصابة بالبقعة البنية. (6) تلون وضمور بذور الفاصولياء المصابة.

الذبول البكتيري على الفاصولياء Bacterial wilt of bean

أعراض المرض:

موت النباتات الصغيرة بطول 5- 8 سم، وإذا بقيت بعض النباتات حية أو أصيبت بوقت متأخر فإنها تعطي بذوراً ناضجة. كما قد يلاحظ أثناء الطقس الحار ذبول للأوراق أو جزء منها، ثم تزول هذه الأعراض عند انخفاض درجة الحرارة في المساء، وبعد ذلك فإن البكتريا تتكاثر في الأوعية الناقلة، فتمنع انتقال الماء عبرها، فتتلون الأوراق باللون البني وتتساقط. ويمكن أن يبدي النبات المصاب أعراضاً شبيهه بأعراض اللفحة الشائعة الناتجة عن الإصابة بالبكتريا *Xanthomonas* حيث تتلون الأوراق باللون الأصفر، وتكون البقع عليها غير منتظمة الشكل، ولا يلاحظ بقع مائية عند تشكل البقع الميتة.

جميع البذورفي القرون تكون مصابة رغم أنه لا يظهر عليها علامات المرض، وهذا ناتج عن الإصابة الجهازية في النبات. وقد يلاحظ على القرون الفتية بقع مائية تتحول إلى اللون البني. وتتلون البذور المصابة في الأصناف البيضاء باللون الأصفر، بينما في الأصناف الملونة يلاحظ اصفرار في منطقة اتصال البذور بالحبل السري للقرون (الشكل 2- 48).

البكتريا المسببة:

ينتج المرض عن الإصابة بالبكتريا *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* وهي تابعة لمجموعة البكتريا Firmicute ، وهي بكتريا هوائية موجبة غرام. تصيب هذه البكتريا كلاً من فول الصويا والبازلاء واللوبياء واللبلاب.

تنتقل البكتريا عن طريق البذور، ويمكن أن تبقى فيها حية لمدة قد تصل إلى 24 سنة. كما يمكن أن تبقى في التربة على بقايا النبات لمدة سنتين، وتلعب النيماتودا دوراً في تأمين الجروح اللازمة لدخول البكتريا عن طريق الجذور.

المكافحة:

استخدام بذور سليمة، وعادة ما تكون البذور الناتجة من مناطق جافة خالية من البكتريا. واتباع دورة زراعية مناسبة.



الشكل 2- 48: أعراض الإصابة بمرض ذبول الفاصولياء. (1) احتراق الأوراق. (2) مرحلة متقدمة من الإصابة. (3) ذبول النباتات الفتية. (4) تلون البذور باللون الأصفر أو البرتقالي أو البنفسجي بحسب السلالة البكتيرية .

اللفحة البكتيرية على البازلاء Bacterial blight of pea

أعراض المرض:

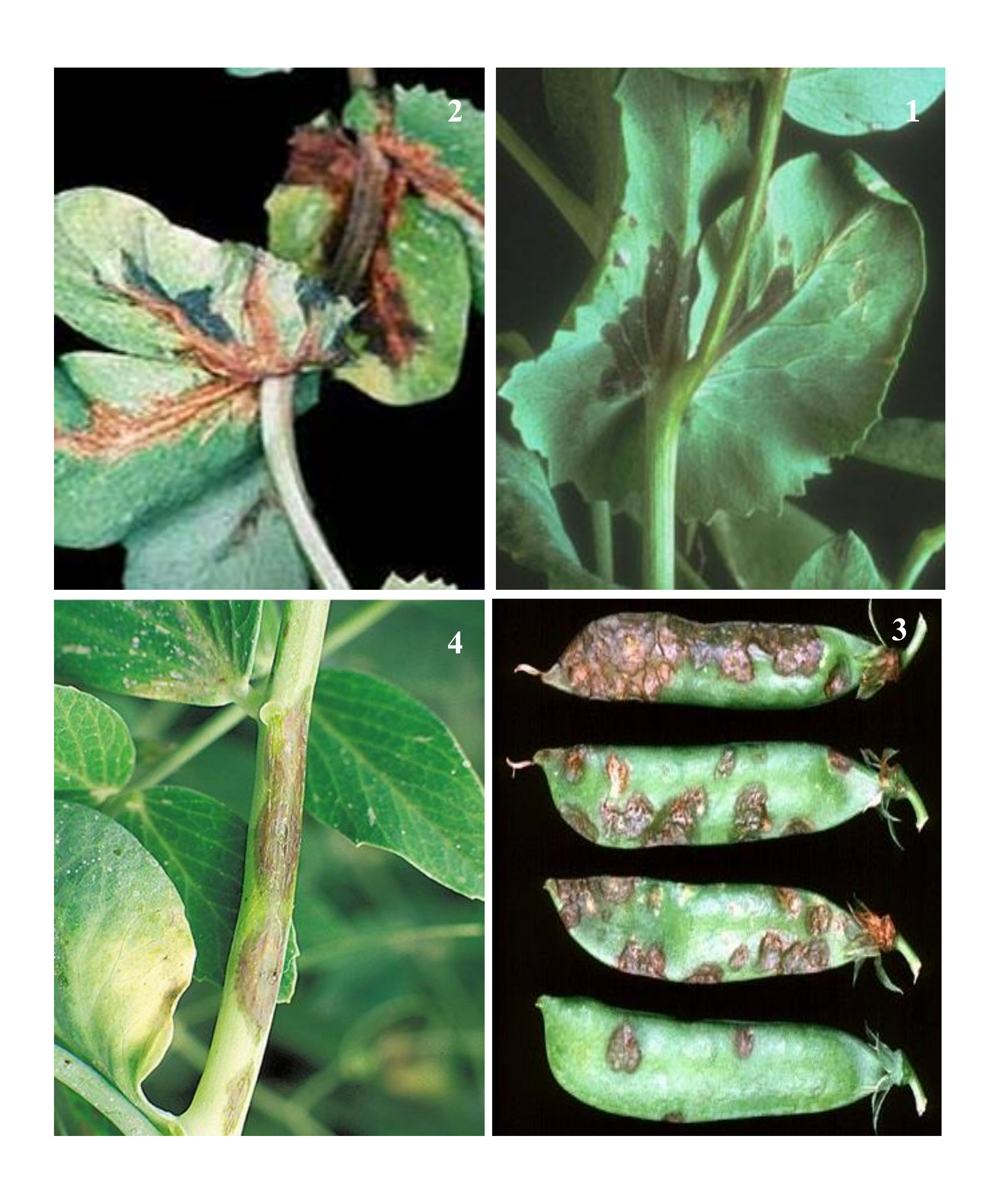
في الطقس الجاف وبعد صقيع ربيعي يلاحظ على ساق النبات قرب سطح التربة بقع مائية، تتحول إلى خضراء زيتية، ثم إلى اللون البني الوردي، و تمتد الإصابة إلى الأذينات والوريقات حيث تتلون العروق باللون البني أو الأسود، كما يتلون النسيج بين العروق باللون الأصفر ثم البني، فيجف عندها ويتحول إلى شكل ورقي.

يلاحظ على الوريقات وكذلك على القرون، في الطقس الرطب، بقع زيتية خضراء تتحول إلى اللون البني، ويمكن أن يخرج منها إفرازات بكتيرية. وعند نضج القرون تصبح ملتوية ومشوهة وعليها بقع طولية خضراء بنية تمتد إلى البذور، حيث تصبح مجعدة وذات لون بني، وقد تكون مغطاة بإفرازات بكتيرية، وإذا انتشرت الإصابة على كامل النبات قد تؤدي إلى ذبوله وموته. ولكن عندما يصبح الطقس جافاً يمكن للنبات أن يتعافى ويعطي طروداً سليمة خضراء (الشكل 2- 49).

البكتريا المسببة وعوامل انتشار المرض: تسبب هذا المرض البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* . تتواجد البكتريا في البذور، وبقايا المحصول، وتنتشر في الحقل بواسطة الأمطار والرياح. ويلعب الصقيع والأمطار الغزيرة دوراً كبيراً في انتشار المرض وتوفير الظروف الملائمة له.

المكافحة :

الحذر من الطقس الرطب لأن الرطوبة عامل مهم لانتشار المرض، واستخدام بذار سليم خال من البكتريا، وتجنب زراعة محصول البازلاء في حقل كان مزروعاً سابقاً بنفس المحصول، وتجنب زراعة البازلاء مبكراً لأن ذلك يعرضه للصقيع وللجروح وبالتالي الإصابة بالمرض. دفن بقايا المحصول السابق في التربة لتقليل مصادر العدوى. واستخدام المركبات النحاسية عند بداية الإصابة أو بعد أو قبل الصقيع الربيعي.



الشكل 2- 49: أعراض الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* على البازلاء. (1) بقع مائية على أذينات الأوراق. (2) تماوت وتلون البقع المائية. (3) بقع مائية وتماوت على ساق النبات. (4) بقع مائية وتماوت على قرون البازلاء

الأمراض البكتيرية على الخس

تبقع الورنيش **Varnish spot** أو التبقع المغطى

أعراض المرض:

بقع بنية متطاولة على العرق الوسطي للأوراق، وغالباً ما تكون غير مرئية بسبب تغطية الأوراق الخارجية للأوراق المصابة. تختلف البقع في الحجم، فتكون صغيرة أو كبيرة الحجم، وقد تمتد على طول العرق الوسطي وإلى نصل الورقة، وتكون البقع صلبة إلا عندما تهاجم بكائنات أخرى فتصبح لينة (الشكل 2- 50).

العامل المسبب:

يتسبب المرض عن البكتريا *Pseudomonas cichorii* التي تتواجد في المياه المخزنة، حيث إن استخدام هذه المياه في الري الرذاذي يمكن أن يسبب الإصابة، كما تتواجد البكتريا لفترة زمنية في التربة، لذلك يمكن أن تنتشر البكتريا من التربة إلى الأوراق، وقد بينت الأبحاث إمكانية تلوث البذور بالبكتريا .

تصيب البكتريا نباتات أخرى مثل الأنديف والشيكوريا والملفوف والزهرة والكرفس وغيرها.

المكافحة :

تجنب تلوث مياه السقاية، واتباع دورة زراعية لا تزرع فيها نباتات الخس أو أحد المحاصيل الحساسة.



الشكل 2- 50: أعراض الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas cichorii* . (1) بقعة متطاولة على العرق الوسطي. (2) امتداد الإصابة على طول العرق الوسطي. (3) بقع بنية على الورقة. (4) تماوت نسيج الأوراق وتحللها.

التبقع البكتيري على الخس Bacterial leaf spot of lettuce

أعراض المرض:

تبدأ أعراض المرض على شكل بقع صغيرة مائية المظهر خضراء زيتية على حواف الأوراق لا تلبث أن تلتصق ببعضها، وتلاحظ بشكل جيد عندما تكون الأوراق مبتلة بالماء. تموت الأنسجة المصابة، فيصبح لونها بنياً مائلاً للأسود، وتحاط بنسيج أصفر اللون. وعند إصابة أكثر من 50 % من الأوراق فإن النبات يموت. وعند الجني فإن الأوراق الخارجية المصابة تزال وهذا يؤدي إلى خسائر في المحصول، كما قد تظهر البقع على العروق الوسطى للأوراق (الشكل 2- 51) .

العامل المسبب:

يتسبب المرض عن البكتريا *Xanthomonas campesris* pv.*vitians*، وهي بكتريا هوائية، سالبة غرام، لا تشكل أبواغاً، وغير محللة للنشاء، و درجة الحرارة الملائمة للنمو هي 28ْم .

ينتشر المرض عندما تتوفر الظروف المناسبة من حرارة ورطوبة. تتواجد البكتريا على سطح النبات، وتدخل النسيج النباتي عبر فتحات المسام أو الجروح، وقد بينت الدراسات أنه عند ظهور أولى أعراض المرض، فإن عدد البكتريا على النبات يصل إلى 10^7 خلية بكتيرية / سم2 . وتعمل طريقة الري بالرذاذ ومياه الأمطار على نقل المرض في الحقل وتوفير الرطوبة المناسبة للإصابة.

المكافحة:

استخدام أصناف مقاومة أو متحملة للمرض، و تقليل الرطوبة حول النباتات إن أمكن، ورش النباتات بالمركبات النحاسية مع ملاحظة إمكانية ظهور أعراض حساسية على

الأوراق، ومعاملة البذور بهيبوكلوريد الصوديوم تركيز 1 % لمدة 5- 20 دقيقة، وغسل البذور بعد ذلك بالماء وتجفيفها.



الشكل 2- 51: أعراض الإصابة بالبكتريا *Xanthomonas campestris* pv.*vitians* على الخس. (1) بقع مائية. (2) بقع بنية سوداء محاطة بهالة صفراء. (3) بقع على العروق الوسطى للأوراق. (4) بقع على الأوراق الداخلية.

العفن الأسود على الصليبيات Black rot of crucifers

أعراض المرض:

تظهر الأعراض الأولية على محيط الأوراق على شكل بقع مائية محددة بالأعصاب الثانوية للأوراق. تنتشر البقع الميتة بسرعة لتأخذ شكل حرف (7)، حيث يصفر لونها ثم تجف لتصبح بنية. يرافق البقع الميتة ظهور هالة خضراء مصفرة تحيط بها، كما تتلون الأوعية في الأوراق بلون أسود، لذلك يسمى المرض أحياناً باسوداد عروق أوراق الصليبيات. وقد تحدث عدة بقع على سطح الورقة، وهذه ناتجة عن حدوث عدوى عن طريق الجروح الناتجة عن الرياح أو هطول المطر وسقوط البرد، وبهذه الحالة قد تتشابه هذه الأعراض مع أعراض أمراض أخرى.

تنتقل البكتريا وتتكاثر ضمن أعصاب الأوراق، وقد تصل إلى أعناق الأوراق وساق النبات حيث تتخرب جدر الأوعية مما يسبب بطء انتقال النسغ، وهذا ما يؤدي إلى جفاف الأوراق وسقوطها. كما تتلون الأوعية الناقلة باللون الأسود، ويظهر ذلك واضحاً عند الندب الورقية أو في مقطع طولي أوعرضي لساق نبات مصاب (الشكل 2- 52). يمكن أن ينتهي المرض بحدوث عفن طري للنبات ناتج عن مهاجمة بكتريا أخرى مثل *Erwinia carotovora* أو *Pseudomonas marginalis*.

العامل المسبب:

يتسبب المرض عن البكتريا *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*، وهي بكتريا سالبة غرام، تصيب العديد من محاصيل العائلة الصليبية، وخاصة الملفوف والقرنبيط والكرنب والأعشاب البرية. ويمكن تمييز طرز مختلفة بحسب قدرتها على إصابة نباتات مختلفة من العائلة الصليبية.



الشكل 2- 52: أعراض الإصابة بالبكتريا *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* . (1) بقع على أطراف الأوراق بشكل حرف 7. (2) شدة الإصابة بعد تقدم المرض. (3 و4) اسوداد الحزم الوعائية المصابة.

وبائيات المرض Epidemiology:

تعد البذور الملوثة سطحياً وداخلياً مصدراً مهماً من مصادر العدوى، حيث تتكاثر البكتريا عند إنبات البذور، فتصبح النباتات الصغيرة مصدر عدوى ثانوياً، لأنها تحمل على سطحها الخارجي أعداداً كبيرة من البكتريا epiphyte Phase . كما تعد بقايا المحصول السابق الملوثة والمنطمرة في التربة مصدراً آخر من مصادر العدوى، فقد

تبقى البكتريا حية فيها لمدة تصل إلى عامين. بينما لا تستطيع هذه البكتريا العيش في التربة دون بقايا النبات أكثر من أربعة أشهر.

تدخل البكتريا نباتات العائلة الصليبية عن طريق الفتحات المائية على أطراف الأوراق، كما تدخل عن طريق الجروح الناتجة عن العمليات الزراعية والظروف المناخية.

تنتقل الإصابة في الحقل بواسطة الرياح والأمطار ومياه الري والآلات والأدوات الزراعية. وتزداد الإصابة بتوافر الظروف المناخية الملائمة للمرض من درجة حرارة تراوح بين 25- 28 مْ، والمترافقة برطوبة عالية. ويزداد انتشار المرض في الزراعات الكثيفة التي تؤدي إلى المحافظة على رطوبة عالية حول النباتات المزروعة.

المكافحة:

1- استخدام بذور خالية من البكتريا المسببة للمرض .

2- التخلص من النباتات المصابة بالمشتل.

3- القضاء على الأعشاب الضارة التابعة للعائلة الصليبية.

4- استخدام أدوات نظيفة.

5- تجنب الري بالرذاذ.

6- تجنب إجراء العمليات الزراعية عندما تكون النباتات رطبة أو بعد الري أو هطول الأمطار.

7- رش النباتات بالمركبات النحاسية.

مرض اللفحة البكتيرية على القطن Bacterial blight of cotton

أعراض المرض:

تختلف أعراض الإصابة بحسب طبيعة العضو النباتي المصاب وعمره. تظهر على الأوراق الفلقية والأوراق الفتية بقع مائية على السطح السفلي للأوراق وعلى الساق، وسرعان ما تموت هذه الأوراق والنباتات الصغيرة. وفي مرحلة لاحقة تظهرعلى الأوراق بقع مائية بين أعصاب الورقة تكون مضلعة الشكل، يتحول لونها إلى اللون البني المائل إلى السواد، وقد تتصل البقع مع بعضها، فتؤدي إلى اصفرار الأوراق وسقوطها، كما تتلون في بعض الحالات العروق الوسطى للأوراق باللون البني أو الأسود. وتظهر على الساق بقع طولية سوداء تؤدي إلى تحليق الأفرع عند الإصابة الشديدة، لذلك يسمى المرض أحياناً بالساق الأسود Black arm ، وهذا ما يؤدي إلى ذبول الأفرع، كما قد تخرج من المناطق المصابة إفرازات بكتيرية صفراء اللون تجف لتأخذ شكل الحبيبات أو البثور السطحية. وتؤدي إصابة جوزات القطن الصغيرة إلى تساقطها، أما الجوزات الكبيرة الخضراء اللون، فيظهر عليها بقع مائية خضراء زيتية دائرية الشكل تصبح بنية أو سوداء اللون وتتشقق مما يؤدي إلى تعفنها وترطيب ألياف القطن نتيجة مهاجمة الفطريات للأماكن المصابة بالبكتريا.

المسبب المرضي:

يسبب مرض اللفحة البكتيرية على القطن البكتريا *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* (*Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum*)، وهي بكتريا عصوية سالبة غرام، لا تشكل أبواغ، تتحرك بوساطة هدب واحد قطبي. تعطي على الأوساط الغذائية مستعمرات تفرز صبغات صفراء اللون تدعى Xanthomonadin ، ويعد المرض الذي تحدثه هذه البكتريا من أهم أمراض محصول

القطن، وخاصة في المناطق التي يكون فيها الصيف ماطراً، أو في المناطق التي تتوفر فيها رطوبة عالية مع درجات حرارة مرتفعة.



الشكل 2- 53: أعراض الإصابة بالبكتريا *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* على القطن. (1) بقع مائية على السطح السفلي للأوراق الفتية. (2) بقع بنية على السطح العلوي واصفرار حول البقع. (3) تماوت وتلون عروق الأوراق. (4) تماوت حول الساق (أعراض الساق الأسود). (5) بقع مائية على جوزات القطن. (6) بقع دائرية سوداء على جوزات القطن.

وبائيات المرض Epidemiology:

تعد البذور مصدراً أساسياً من مصادر العدوى، حيث تتواجد البكتريا على الأوبار المتواجد على السطح الخارجي، كما تتواجد بنسبة قليلة داخل البذور، وتعيش البكتريا على بقايا النبات، فتبقى حية على الأجزاء الجافة منها لمدة تصل إلى عدة سنوات. وقد تتواجد البكتريا على بعض النباتات العشبية، وبخاصة التي تنتمي إلى العائلة الباذنجانية التي تتواجد في حقول القطن، فتشكل بذلك مصدراً آخر من مصادر العدوى.

ينتشر المرض عن طريق قطرات المطر المتساقطة أثناء هطول الأمطار المترافقة بطقس دافئ، ويزداد انتشار المرض بتوافر الظروف المثالية للعدوى وتوافر درجات حرارة عظمى حوالي35 مْ نهاراً، وفترة إضاءة مدتها 8 ساعات، وهطول مطري أسبوعي قدره 25- 35 مم أو الري بالرذاذ.

المكافحة:

1- معاملة البذور بالأحماض يقلل كثيراً من البكتريا التي تتواجد على سطح البذور.

2- معاملة البذور بالمركبات النحاسية.

3- استخدام أصناف مقاومة تحتوي على مورثات المقاومة للمرض، وبينت الأبحاث أن هناك 10 مورثات لمقاومة المرض B1-B10 يمكن استخدامها لاستنباط الأصناف المقاومة.

4- اتباع دورة زراعية مناسبة.

5- التخلص من بقايا المحصول.

6- تجنب الانتقال بين النباتات عندما تكون رطبة.

7- تجنب الري بالرذاذ.

الأمراض البكتيرية على النجيليات

التخطط الشفاف لأوراق النجيليات Translucent leaf stripe of cereal

أعراض المرض:

تظهر أعراض الإصابة على أوراق النباتات القابلة للإصابة بشكل مساحات مائية Water soaking شفافة في البداية عند طرف الورقة، تمتد تدريجياً بين عروق الورقة، ولا تلبث أن تتحول إلى شكل خطوط متطاولة صفراء اللون، ثم تجف لتأخذ شكل خطوط بنية اللون، أو بنية مائلة للسواد على أوراق وسوق وعصافات القمح.

يمكن أن تظهر على المناطق المصابة في الصباح الباكر أو عند توفر الرطوبة قطرات صغيرة من المفرزات البكتيرية، التي تجف بارتفاع درجة الحرارة لتأخذ شكل قشور صغيرة صفراء اللون. تتصل البقع مع بعضها لتشكل مساحة كبيرة من الورقة بنية يمكن أن تؤدي إلى موتها (الشكل 2- 54).

ويسمى المرض على السنابل بالعصافات السوداء Black chaff، حيث يتشكل في البداية خطوطاً صغيرة سوداء اللون لا تلبث أن تتحد لتشكل مساحة واسعة سوداء اللون على العصافات، وتكون البذور بداخلها بنية اللون ضامرة ومجعدة، مما يؤدي إلى انخفاض في الوزن يصل حتى 34 %.

المسبب المرضي:

يسبب مرض التخطط الشفاف على النجيليات البكتريا *Xanthomonas translucens* وهي تتضمن عدة طرز Races تختلف عن بعضها في قدرتها على إصابة مضيفات مختلفة، فالبكتريا *X. translucens* pv. *undulosa* تصيب القمح والشعير والشيلم، بينما تصيب البكتريا *X. translucens* pv. *translucens* الشعير فقط، أما البكتريا *X. translucens* pv. *cerealis* فتسبب المرض للشوفان والشيلم ولنباتات *Bromus*،

وقد اعتبرت البكتريا *Xanthomonas translucens* pv. *secalis* الممرضة للشيلم قريبة من البكتريا *X. translucens* pv. *undulosa*.



الشكل 2- 54: أعراض الإصابة بالبكتريا *X. translucens* pv. *undulosa* على القمح. (1) بقع شفافة وصفراء اللون متطاولة. (2) تلون البقع باللون البني. (3) أعراض العصافات السوداء على السنابل. (4) خطوط بنية على العصافات.

وتنتشر الطرز الممرضة في كثير من دول العالم حيثما يوجد المضيف المناسب والظروف الملائمة للمرض، ويتم التعرف على الطراز الممرض بعد عزل البكتريا بإجراء العدوى الاصطناعية على مجموعة من المضيفات المختلفة

وبائيات المرض Epidemiology:

تعد البذور الملوثة بالبكتريا مصدراً مهماً من مصادر العدوى، حيث تعطي هذه البذور نباتات مصابة، تنتشر منها البكتريا إلى النباتات الأخرى السليمة. وتتواجد البكتريا أيضاً على بقايا المحصول السابق، فتشكل مصدراً آخر للعدوى.

ينتشر المرض بوساطة الأمطار المصحوبة برياح قوية، وتزداد أضراره بوجود مناخ دافئ ورطب. ينتشر هذا المرض في سوريا في مناطق زراعة القمح التي تكون نسبة الأمطار فيها مرتفعة أو المناطق التي تروى بالرذاذ.

المكافحة :

1- استخدام أصناف مقاومة أو متحملة للمرض.

2- التخلص من بقايا المحصول والأعشاب القابلة للإصابة بالمرض.

3- اتباع دورة زراعية.

4- استخدام بذار قمح سليم خال من البكتريا.

5- تجنب الري بالرذاذ.

أمراض بكتيرية تسببها البكتريا *Pseudomonas syringae*

عفن قاعدة العصافات Basal glume rot وتسببها البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*

لفحة الأوراق Leaf blight تسببها البكتريا *P. syringae* pv. *syringae*

العقدة السوداء Black node تسببها البكتريا *P. syringae* pv. *japonica*

أعراض المرض:

على السنابل: تعفن قاعدة العصافات ناتج عن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* ، حيث يلاحظ تلون بني مسود في الثلث السفلي للعصافات يمتد تدريجيا إلى كامل العصافة، ويلاحظ على البذور تلون بني مائل للسواد عند قاعدة البذرة (الشكل 2- 55) .

على الأوراق: تنتج عن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* حيث يلاحظ بقع مائية على الأوراق العَلَميّة، تتصل البقع مع بعضها، ثم تجف ويتحول لونها إلى الرمادي الفضي، وقد تغطي هذه البقع 75% من سطح الورقة، كما يمكن ملاحظة وجود إفرازات بكتيرية عند توفر الرطوبة.

على العقد: تتلون العقد باللون الأسود، وهذا ناتج عن الإصابة بالبكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *japonica*، كما يلاحظ خطوط بنية سوداء بين العقد.

عوامل انتشار المرض:

تتواجد البكتريا في البذور و على سطح النبات، وتساعد الظروف البيئية المناسبة من ارتفاع الرطوبة في الحقل ودرجة الحرارة المنخفضة أو المعتدلة على انتشار المرض وإصابة النبات. كما يؤدي استخدام طريقة الري بالرذاذ إلى توفر الظروف المناسبة لانتشار المرض.

المكافحة:

عدم استخدام بذار ناتج من حقول مصابة، وتجنب الري بالرذاذ، واستخدام أصناف متحملة للمرض.



الشكل 2- 55: (1) تعفن قاعدة العصافات *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* . (2) تلون قاعدة البذور باللون البني المسود. (3) بقع غير منتظمة فضية اللون على الأوراق ناتجة عن البكتريا *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* . (4) العقدة السوداء التي تسببها البكتريا *Pseudomonas syringae* pv *japonica*

أمراض بكتيرية أخرى على النجيليات:

1- لفحة السنابل Spike blight :

وتسببها البكتريا *Clavibacter tritici*، وتترافق مع الإصابة بالنيماتودا *Anguina tritici* حيث يلاحظ قطرات صمغية صفراء لامعة على الأوراق الفتية، وفشل في انبثاق السنابل، حيث تكون نحيفة وقصيرة، وتكون البذور مليئة بالبكتريا (الشكل 2-56).

2- التبرقش البكتيري Bacterial mosaic:

تؤدي البكتريا *Clavibacter michiganensis* subsp. *tessellarius* إلى ظهور بقع شفافة أو صفراء صغيرة تتوزع على كامل سطح الورقة، ولا يلاحظ وجود بقع مائية أو إفرازات بكتيرية في مناطق الإصابة. تنتقل البكتريا عن طريق البذور والنيماتودا.

3- مرض عفن الغمد البكتيري Bacterial sheath rot:

تسببه البكتريا *Pseudomonas fuscovaginae*، وتظهر الأعراض على غمد الأوراق على شكل بقع مضلعة أوغير منتظمة الشكل بنية إلى سوداء اللون محاطة بمساحة مائية ذات لون قرمزي.

4 – التلون الوردي لحبوب القمح Pink seed of wheat:

تسببه البكتريا *Erwinia rhapontici* حيث تتلون البذور باللون الوردي أو القرنفلي وتصبح ضامرة ومجعدة، وغالباً لا تنبت (الشكل 2- 56). البكتريا لا هوائية اختيارياً، تفرز صبغة وردية في وسط الزرع.



الشـــكل 2- 56: (1) لفحـــة الســـنابل *Clavibacter tritici*. (2) أعــراض التبــرقش البكتيــري *Clavibacter michiganensis* subsp. *tessellarius*. (3) عفن غمد الأوراق المتسبب عن *Pseudomonas fuscovaginae*. (4) التلون الوردي لحبوب القمح *Erwinia rhapontici*

قائمة المصطلحات العلمية

المصطلح الأجنبي	المرادف العربي
Acquired immunity	مناعة مكتسبة
Acquisition period	فترة الاكتساب
Age – related resistance	مقاومة مرتبطة بالعمر
Agglutination	تراص، تكتل
Agressivity	شراسة، ضراوة
Antagonism	تضاد
Antibiotic	مضاد حيوي
Antibody	جسم مضاد
Antigen	مولد الضد
Aphid transmission	الانتقال بحشرات المن
Arachnida	صف العنكبوتيات
Asymmetric	غير متناظر
Auxin	منشط نمو، أوكسين
Bacilliform particles	جزيئات عصوية شبيهة بالجراثيم
Bacillus-like	شبيه بالجراثيم من الجنس
Bacteria	بكتريا / جراثيم
Bactericide	مبيد بكتيري
Beetle transmission	الانتقال بالخنافس

Biological control/	مكافحة حيوية
Biotype	طراز حيوي
Capsid	كابسيد (الغلاف البروتيني الفيروسي)
Capsomeres	وحدات بروتينية مكونة للغلاف
Capsule	كبسولة
Chytridiomycetes	صف الفطريات الكيتريدية
Circulative insect	انتقال بالحشرات بالطريقة الدورانية
Citrus psorosis	قوباء الحمضيات
Classification	تصنيف
Coleoptera	رتبة غمدية الأجنحة
Compatible	متوافق
Concave gum psorosis	سلالة القوباء الصمغية المقعرة
Conjugatin	تزاوج
Conserved central region	منطقة مركزية محفوظة
Contagious living fluid	سائل حيوي معدٍ
Control	مكافحة
Cryptogram	الصيغة الفيروسية
Cryo-therapy	المعاملة بالبرودة
Culture	زرعة
Decline	تدهور

Degradation	تحلل، تفكك
Diagnosis	تشخيص
Dieback	موت تراجعي
Disease	مرض
Distillation	تقطير
Dodder transmission	انتقال بالحامول
Early translation	ترجمة مبكرة
Epidemiology	علم الوبائيات
Epiphytic bacteria	بكتريا متواجدة على أسطح
Eriophyoidea	فوق فصيلة الحلم
Extreme resistance	مقاومة قصوى
Filamentous particles	جسيمات خيطية الشكل
Filamentous viruses	فيروسات خيطية
Flexuous thread	خيطي مرن
Fluorescence	وميض، تألق
Foot and mouth disease virus	فيروس مرض الفم والقدم/ الحمى القلاعية
Fungus	فطر
Gall	/ تدرن / عفصة ورم
Geminate	تؤامي
Genome	جينوم أو مجين

Genotype	طراز وراثي
Genus	جنس
Haustoria	ممصات
Heat- treatment	معاملة بالحرارة
Helical	حلزوني
Helper component (HC)	عامل مساعد
Hemiptera	رتبة نصفية الأجنحة
Homoptera	رتبة متشابهة الأجنحة
Host plant	نبات مضيف
Hybridization	تهجين
Hyperplasy	تعدد خلوي
Hypersensitivity	فرط حساسية
Hypertrophy	تضخم خلوي
Icosahedral	تناظرمكعبي أو كروي
Identification	تعريف
Immunity	مناعة
Immunodifusion	انتشار مناعي
Immunofluorescence	وميض مناعي
Incompatibility	عدم توافق
Icosahedral	عشريني الوجوه (شبه كروي)
Infection	عدوى

Innate resistance	مقاومة متأصلة (غير مكتسبة)
Inoculation	تلقيح، إعداء
Inoculum	لقاح
Insect transmission	انتقال بالحشرات
In vitro	في الزجاج
In vivo	في الحي
Isolate	عزلة
Isolation	عزل
Isometric particles	جسيمات كروية متساوية الأبعاد
Kingdom viruses	مملكة الفيروسات
Late translation	ترجمة متأخرة
Leafhopper transmission	انتقال بنطاطات الأوراق
Leaf scars	ندب ورقية
Lenticels	عديسات
Light green strain	سلالة الاخضرار الخفيف
Liophilisation	تجفيد (تجفيف بالتجميد)
Lipopolysacharids	عديدات السكريات الدهنية
Lipoproteins	بروتينات دهنية
Meristem tip culture	زراعة القمم الميرستيمية
Metabolism	أيض / استقلاب
Metastases	أورام ثانوية / انتقالات ورمية

Mild dark green strain	سلالة الاخضرار الداكن الضعيفة
Mild strain cross protection	الحماية المتصالبة بسلالة ضعيفة
Mite transmission	الانتقال بالحلم
Mobility	حركية
Monopartite	وحيد الجزء
Movement proteins	بروتينات حركة
Multipartite	متعدد الأجزاء
Necrosis	تموت موضعي / تنكرز
Nematode	ديدان خيطية (نيماتودا)
Nomenclature	تسمية
Non – host resistance	مقاومة النبات اللامضيف
Non – persistent	غير مثابر
Nucleic acid	حمض نووي
Nucleocapsid	كابسيد نووي
Nutrition	تغذية
Overwintering	تشتية
Pathogen	ممرض
Pathogenicity	قدرة إمراضية
Pathology	علم الأمراض
Peritrichous flagella	أهداب موزعة على سطح البكتريا

Persistent	مثابر
Phytobacteriology	علم البكتريا النباتية
Planthopper transmission	انتقال بنطاطات النبات
Plant indicators	نباتات دالة
Plasmodesmata	قنوات سيتوبلاسمية
Plasmodiophoromycetes	صف الفطريات المخاطية النباتية
Pollen transmission	انتقال بحبوب الطلع
Polyhedral	متعدد الوجوه
Polyprotein	عديد البروتينات
Potato spindle tuber disease	مرض الدرنة المغزلية في البطاطا
Preservation	حفظ
Propagative insect	انتقال بالحشرات بالطريقة التكاثرية
Purification	تنقية
Quick decline	تدهور سريع
Recombination – dependent replication	تضاعف مؤشب
Replication	تضاعف
Resistant varieties	أصناف مقاومة
Resistance	مقاومة
Respiration	تنفس
Resting spores	أبواغ ساكنة

Reverse transcriptase	إنزيم النسخ العكسي
Rigid rod	عصوي صلب
Rod-shaped particles	جسيمات عصوية الشكل
Rolling – circle replication	تضاعف حلقي متدحرج
Root modness	الجذور المجنونة (الجذور الملتحية)
Rot	عفن
Salicylic acid	حمض الصفصاف
Saprophyte	رمي / مترمم
Seed transmission	انتقال بالبذور
Semi-persistent	شبه مثابر
Sensitivity	حساسية
Serology	علم المصول / مصليات
Somatic embryogenesis	تشكل الأجنة الخضرية
Somatic embryos	أجنة خضرية
Specimen	عينة
Species	نوع / أنواع
Spore	بوغ
Spot	بقعة
Strain	سلالة
Sterile	معقم

Stomata	ثغور
Stylet – borne viruses	فيروسات محمولة على الرمح
Symmetric rolling circle	تضاعف حلقي متناظر
Symptoms	أعراض
Systemic acquired resistance	مقاومة جهازية مكتسبة
Taxonomy	تصنيف
Thermo-therapy	المعاملة بالحرارة
Thrips transmission	انتقال بحشرات التربس
Thysanoptera	رتبة هدبية الأجنحة
Tolerance	تحمل
Toxin	سم، ذيفان
Transfer	عبور، نقل
Transmission	انتقال
Type strain	سلالة نمطية
Viral nucleic acid	حمض نووي فيروسي
Viral protein	بروتين فيروسي
Viral replicase	إنزيم تضاعف فيروسي
Virion	جسيم فيروسي (فيريون)
Viroid	فيروئيد / فيرويد
Virology	علم الفيروسات
Virus	فيروس
Viruses famillies	فصائل الفيروسات

Whitefly transmission	انتقال بالذبابة البيضاء
Yellow fever virus	فيروس الحمى الصفراء
Yellow mosaic strain	سلالة الموزاييك الأصفر
Zoospores	أبواغ سابحة

المراجع العربية

المرشد الوجيز في أمراض النبات. (1992). إصدار الجمعية العربية لوقاية النبات، بالاشتراك مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة و مكتب الكومنولث الزراعي. 599 صفحة.

أبو غره، محمود؛ زياد الدوجي. (1996).أمراض النبات البكتيرية . منشورات جامعة دمشق.

أصلان، لؤي؛ هشام الرز؛ هدى قواص؛ ووليد نفاع. (2010). آفات البساتين والغابات. منشورات مديرية الكتب والمطبوعات في جامعة دمشق. 565 صفحة.

فضول، جودة؛ صلاح الشعبي؛ وعلي نصر ديبة. (1985) . الأمراض البكتيرية والفيروسية وغير الفطرية. جامعة دمشق.

قواص،هدى؛ وابتسام حمد. (2007). علم الفيروسات. منشورات جامعة دمشق.515 ص.

نفاع، وليد. (2009). أمراض النبات الفطرية. منشورات جامعة دمشق، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية. 420 صفحة.

المراجع الأجنبية

Abou- Ghorrah, M. 1988. Taxonomie et pouvoir pathogen de *Pseudomonas syringae* pv. *Savastanoi.*

Agrios, G. N. 2004. *Plant Pathology*. Fifth edition. Elsevier Academic Press. 922p.

Alipout, y. 2013. A guide for diagnosis and detection for quarantine pests. Islamic repuplic of Iran, Menistry of agriculture, plant protection organization

B.C. Ministry of Agricultur, 2010. Grapevine Phytoplasma Diseases- 4 Pest Management.

Bradbury, J. F. 1986. Guide to plant pathogenic bacteria.

Barzic, M. R., 1985. Les taxonomies des bacteries phytopathogéne. Bulletin de l'institute Pasteur 83. 245- 287.

CTIFL., 1983. Le feu bacterien en arboriculture fruitiére et ornamental. Depol legal. 1[er] trimester 1983.

Davis, R. E. and W. A. Sinclair. (1998). Phytoplasma identity and disease etiology. Phytopathology 88:1372-1376.

Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K-H., Stackebrandt, E. 2006. The Prokaryotes. Third Edition Volume

6: Proteobacteria: Gamma Subclass. Springer Science+Business Media, LLC.

Duveiller, E., Fucikovsky, L., Rudolph, K. The Bacterial Diseases of Wheat . Concepts and Methods of Disease Management,. 1997. CIMMYT.

EPPO. 1983. Data sheets or quarantine organisms. Bacterie, champignon, virus.

EPPO /CABI. Grapevine flavescence dorée phytoplasma. Data Sheets on Quarantine Pests. 90/399003.

EPPO /CABI. *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. Data Sheets on Quarantine Pests. 90/399003.

Janse, J .D. 2005. Phytobacteriology, principles and practice.

Garrity, G .M., Bell, J. A., Lilburn, T .G. 2004. Bergy` s Manual of systematic bacteriology. Second edition.

Hadidi, A.; R. K. Khetarpal and H. Koganezawa. (1998). Plant virus Disease control. Pp.684. APS Press

Harveson, R. M., Urrea, C. A., Schwartz, H. F. 2011. Bacterial Wilt of Dry Beans in Western Nebraska. I.A.N.R., University of Nebraska. G1562.

Harveson, R. M. 2009. Bacterial Brown Spot of Dry Beans. I.A.N.R., University of Nebraska. G 1957.

Harveson, R. M. 2014. The Multicolored Bacterium. University of Nebraska. The American Phytopathological Society, APS Features.

Koike, S., Boll, C. 2013. Bacterial Leaf Spot of Lettuce. Salinas Valley Agriculture, Highlighting agricultural developments, problems research, & issues for central coast CA. Agriculture and Natural. Resources, University of California.

Lelliott, R. T., Stead, D. E. 1987. Methods for the diagnosis of bacterial disease of plant. Methods in plant pathology. Volume 2. 236p.

Lepoivre, Ph. (2003). *Phytopathologie*. Editions De Boeck Universte. Presses agronomiques de Gembloux, Espagne. p 427.

Mathews, R. E. F. 1993. Diagnosis of plant virus diseases, CRC Press Inc., Boca Raton, USA.

Ride, M., Macelin, H. 1983. La nécrose bacteriens de la vigne. Bultin technique des Pyrenees. Oriental. Numero 106.

Schwartz. H. F. 2014. Bacterial Diseases of Beans. Colorado Stat University Extension

Semal, J. 1989. *Traité de pathologie végétale* .Pp 621. Les Presses Agronomiques de Gembloux (Belgique).

Smith, I. M., Dunez, J., Phillipsd, H., Lelliot, R.A., Archers, A. 1988. European handbook of plant disease. 583 p.

Wohleb, C. H., 2011. Common Bacterial Blight and Halo Blight. Washington State University Extension Fact Sheet. FS038E.

Watson, A. 2005. Scoping study on the management of varnish spot in field and hydroponic lettuce. NSW Department of Primary Industries, National Vegetable Industry Centre, Yanco.

Whiteside, J. O., S. M. Garnsey and L. W. Timmer. (1988). Compendium of Citrus Diseases. The American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota.USA. 80pp.

التدقيق العلمي

الأستاذ الدكتور جودة فضول

جامعة دمشق - كلية الهندسة الزراعية – قسم وقاية النبات

الأستاذ الدكتور فواز العظمة

جامعة دمشق - كلية الهندسة الزراعية – قسم وقاية النبات

الأستاذة الدكتورة هدى قواص

جامعة دمشق - كلية الهندسة الزراعية – قسم وقاية النبات

التدقيق اللغوي

الأستاذ الدكتور نايف شقير

جامعـــــة دمشق – كليـــــة الآداب الثانية – فرع السويداء